

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung	3
2 Grundlagen	3
3 Versuchsanordnung	4
3.1 ohmsche Last in Wechselstromkreis	4
3.2 Symmetrische Last in Dreieckschaltung	5
3.3 Symmetrische Last in Sternschaltung	7
3.4 Asymmetrische Last in Sternschaltung	9
3.5 Asymmetrische Last in Sternschaltung und simulierten Kabelbruch	10
3.6 Wirkleistungsmessung	10
3.7 Blindleistungsmessung	13
3.8 Bau eines rudimentärern Asynchron-Drehstrommotors	13
4 Geräteliste	14
5 Versuchsdurchführung und Messergebnisse	14
5.1 ohmsche Last in Wechselstromkreis	14
5.2 Symmetrische Last in Dreieckschaltung	15
5.3 Symmetrische Last in Sternschaltung	15
5.4 Asymmetrische Last in Sternschaltung	15
5.5 Asymmetrische Last in Sternschaltung und simulierten Kabelbruch	16
5.6 Wirkleistungsmessung	16
5.7 Blindleistungsmessung	16
5.8 Bau eines rudimentärern Asynchron-Drehstrommotors	17
6 Auswertung	19
6.1 ohmsche Last in Wechselstromkreis	19
6.2 Symmetrische Last in Dreieckschaltung	19
6.3 Symmetrische Last in Sternschaltung	19
6.4 Asymmetrische Last in Sternschaltung	19
6.5 Asymmetrische Last in Sternschaltung und simulierten Kabelbruch	19
6.6 Wirkleistungsmessung	19
6.7 Blindleistungsmessung	19
6.8 Bau eines rudimentärern Asynchron-Drehstrommotors	19
7 Diskussion	19
7.1 ohmsche Last in Wechselstromkreis	19
7.2 Symmetrische Last in Dreieckschaltung	19
7.3 Symmetrische Last in Sternschaltung	19
7.4 Asymmetrische Last in Sternschaltung	19

7.5 Asymmetrische Last in Sternschaltung und simulierten Kabelbruch	19
7.6 Wirkleistungsmessung	19
7.7 Blindleistungsmessung	19
7.8 Bau eines rudimentärern Asynchron-Drehstrommotors	19
8 Zusammenfassung	19
8.1 ohmsche Last in Wechselstromkreis	19
8.2 Symmetrische Last in Dreieckschaltung	19
8.3 Symmetrische Last in Sternschaltung	19
8.4 Asymmetrische Last in Sternschaltung	19
8.5 Asymmetrische Last in Sternschaltung und simulierten Kabelbruch	19
8.6 Wirkleistungsmessung	19
8.7 Blindleistungsmessung	19
8.8 Bau eines rudimentärern Asynchron-Drehstrommotors	19

1 Aufgabenstellung

- Leistungsmessung einer ohmschen Last in einem Wechselstromkreis
- Wirkleistungsmessung im Drehstromnetz bei einer symmetrischen ohmschen Last in Stern- und Dreieckschaltung mit Aronschaltung
- Wirk- und Blindleistungsmessung bei einer allgemeinen Last im Dreiphasennetz
- Bauen eines rudimentärern Asynchron-Drehstrommotors

2 Grundlagen

Für die Wirkleistung P eines ohmschen Verbrauchers gilt unter Verwendung des Ohmschen Gesetzes, Gleichung 2, folgender Zusammenhang:

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R} \quad (1)$$

$$U = R \cdot I \quad (2)$$

Dabei Beschreibt U die Spannung, I die Stromstärke und R den ohmschen Widerstand.

Werden im Wechselstromkreis nun Spulen oder Kondensatoren betrachtet, empfiehlt es sich komplexe Zahlen einzuführen, da hier die Impedanz Z betrachtet werden muss, die sich nach folgender Formel berechnet:

$$Z = R + iX \quad (3)$$

R bezeichnet dabei den Realteil des Widerstands der entsprechenden Last und X die entsprechende Reaktanz. Diese kann für Induktivitäten, X_L , und Kapazitäten, X_C , folgendermaßen berechnet werden:

$$X_L = i\omega L \quad (4)$$

$$X_C = -\frac{i}{\omega C} \quad (5)$$

L steht dabei für die Induktivität der Spule, C für die Kapazität des Kondensators und ω für die vorliegende Frequenz des Wechselstroms.

Mit der eingeführten Größe der Impedanz Z kann nun das ohmsche Gesetz folgendermaßen verallgemeinert werden:

$$U = Z \cdot I \quad (6)$$

Die komplexen Spannungen und Ströme werden am übersichtlichsten in einem Zeigerdiagramm dargestellt. Dazu empfiehlt sich folgende Schreibweise:

$$\underline{U} = U_{\text{eff}} \cdot e^{i(\omega t + \phi_U)} \quad (7)$$

$$\underline{I} = I_{\text{eff}} \cdot e^{i(\omega t + \phi_I)} \quad (8)$$

U_{eff} und I_{eff} entsprechen dabei der jeweiligen Größe, wenn sie ein rein ohmsche Verbraucher, ohne komplexe Anteile, wäre.

Dadurch kann die erhaltene Wirkleistung P folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$P = \text{Re}(\underline{U}\underline{I}^*) \quad (9)$$

Weiters können auch die vom System tatsächlich aufgewendete Scheinleistung, S , und die nicht nutzbare Blindleistung, Q , berechnet werden.

$$S = \sqrt{\underline{U}\underline{U}^* \underline{I}\underline{I}^*} \quad (10)$$

$$Q = \text{Re}(\underline{U}\underline{I}^*) \quad (11)$$

3 Versuchsanordnung

3.1 ohmsche Last in Wechselstromkreis

Um die ohmsche Last einer Glühlampe im Wechselstromkreis zu messen, wird folgender Versuchsaufbau aus Abbildung 1 realisiert.



Abbildung 1: Realer Versuchsaufbau für die Messung einer ohmschen Last
1 ... Transformator
2 ... seriell geschaltetes Strommessgerät
3 ... seriell geschaltetes Leistungsmessgerät mit parallelen Anschluss zum Verbraucher
4 ... ohmscher Verbraucher (Glühlampe)
5 ... parallel geschaltetes Spannungsmessgerät

3.2 Symmetrische Last in Dreieckschaltung

Um die Wirkleistung von symmetrischen Verbrauchern in einer Dreiecksschaltung zu messen, wird die Aronschaltung nach folgendem Schaltplan aus Abbildung 2 realisiert. Der tatsächliche Versuchsaufbau ist in Abbildung 3 ersichtlich.

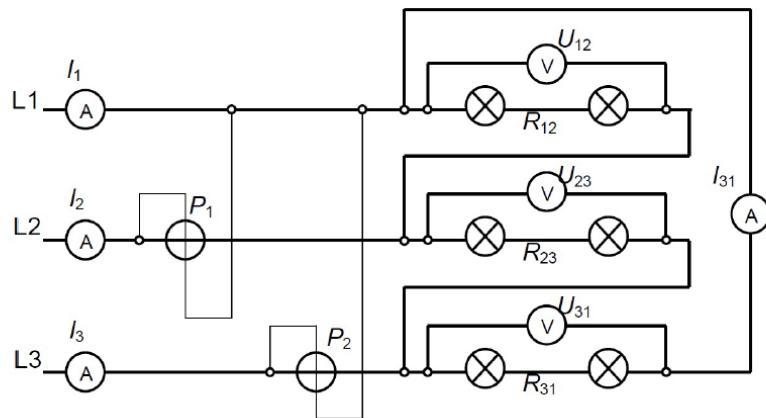


Abbildung 2: Schaltplan für die Messung der Wirkleistung mit Aronschaltung für symmetrische Verbraucher in Dreiecksschaltung [leistungsmessungvorbereitung]

I_i ... entsprechende Ströme gemessen mit entsprechenden Ampermeter A

U_i ... entsprechende Spannungen gemessen mit entsprechenden Voltmeter V

R_i ... entsprechender Widerstand durch die jeweiligen Verbraucher
 P_i ... Powermeter in Aronschaltung

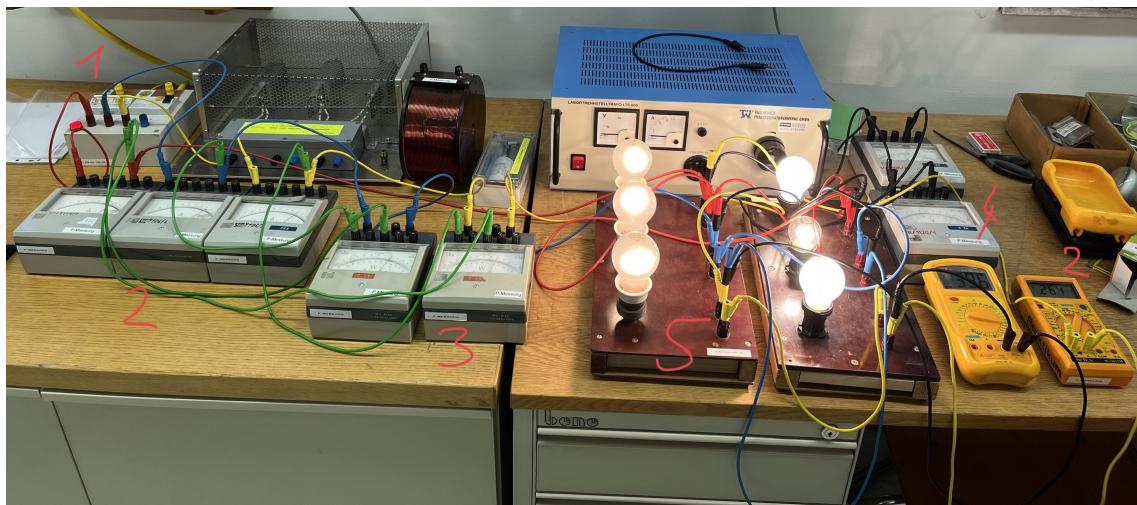


Abbildung 3: Realer Versuchsaufbau für die Messung der Wirkleistung mit Aronschaltung für symmetrische Verbraucher in Dreiecksschaltung. (Bei den Kabeln wurde ein Farbschema eingehalten, um eine bessere Übersicht zu ermöglichen.)

- 1 ... Versorgungsspannung (L_1 rot, L_2 blau, L_3 gelb)
- 2 ... seriell geschaltete Strommessgeräte
- 3 ... seriell geschaltete Leistungsmessgeräte mit parallelen Anschlüssen nach der Aronschaltung (grün)
- 4 ... parallel geschaltete Spannungsmessgeräte über die entsprechenden Verbraucher (schwarz)
- 5 ... symmetrisch verteilte ohmsche Verbraucher (Glühlampen)

3.3 Symmetrische Last in Sternschaltung

Um die Wirkleistung von symmetrischen Verbrauchern in einer Sternschaltung zu messen, wird die Aronschaltung nach folgendem Schaltplan aus Abbildung 4 realisiert. Der tatsächliche Versuchsaufbau ist in Abbildung 5 ersichtlich.

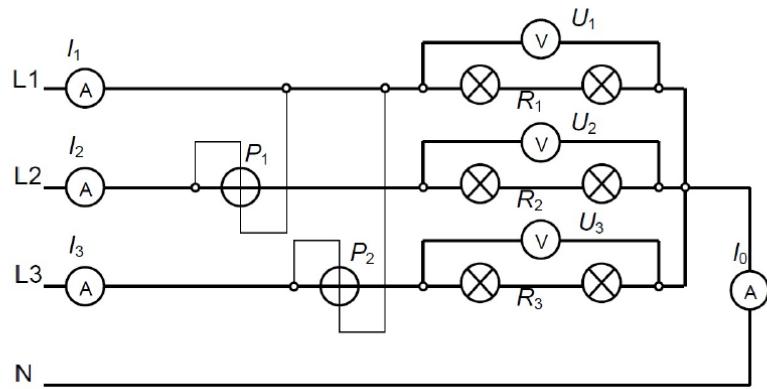


Abbildung 4: Schaltplan für die Messung der Wirkleistung mit Aronschaltung für symmetrische Verbraucher in Sternschaltung [leistungsmessungvorbereitung]

I_i ... entsprechende Ströme gemessen mit entsprechenden Ampermeter A

U_i ... entsprechende Spannungen gemessen mit entsprechenden Voltmeter V

R_i ... entsprechender Widerstand durch die jeweiligen Verbraucher
 P_i ... Powermeter in Aronschaltung

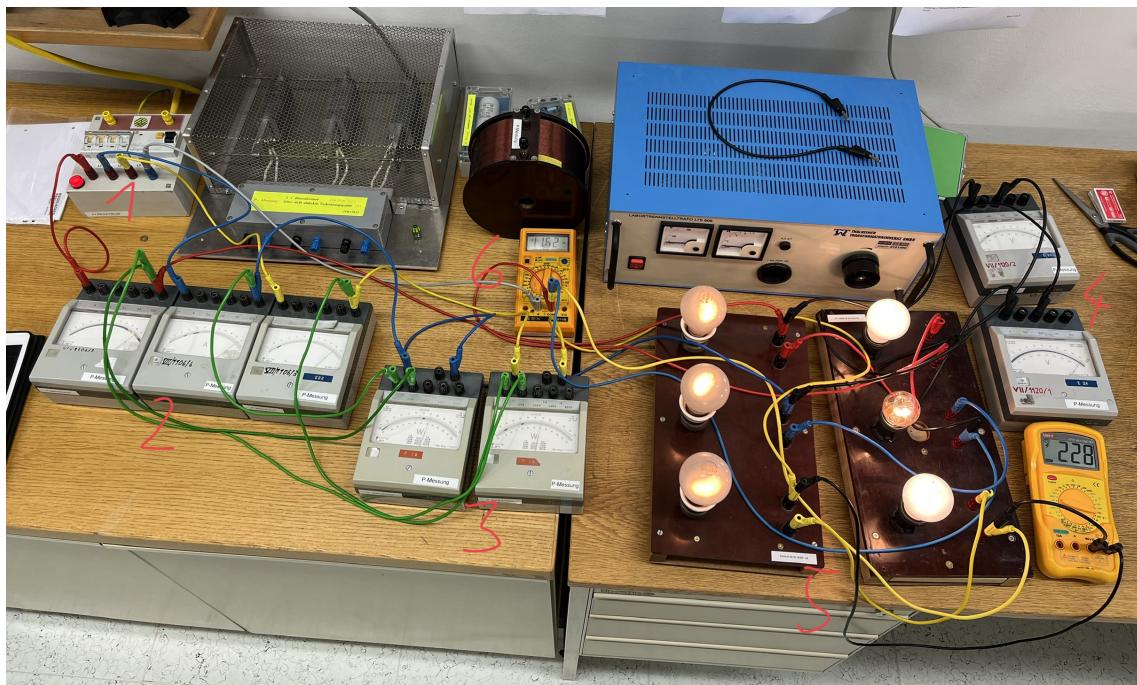


Abbildung 5: Realer Versuchsaufbau für die Messung der Wirkleistung mit Aronschaltung für symmetrische Verbraucher in Sternschaltung. (Bei den Kabeln wurde ein Farbschema eingehalten, um eine bessere Übersicht zu ermöglichen.)

- 1 ... Versorgungsspannung (L_1 rot, L_2 blau, L_3 gelb)
- 2 ... seriell geschaltete Strommessgeräte
- 3 ... seriell geschaltete Leistungsmessgeräte mit parallelen Anschlüssen nach der Aronschaltung (grün)
- 4 ... parallel geschaltete Spannungsmessgeräte über die entsprechenden Verbraucher (schwarz)
- 5 ... symmetrisch verteilte ohmsche Verbraucher (Glühlampen)
- 6 ... Strommessgerät zwischen Sternpunkt und Neutralleiter (grau)

3.4 Asymmetrische Last in Sternschaltung

Um eine asymmetrische Last zu erreichen, wird der Aufbau aus Abbildung 4 herangezogen, mit dem Unterschied, dass die Glühlampen nicht gleichmäßig auf die Leiter aufgeteilt werden. Die gewählte Konfiguration ist in Abbildung 6 ersichtlich.



Abbildung 6: Entsprechende Konfiguration für eine asymmetrische Verteilung der Last mit folgenden Verteilungen auf den Strängen:
 $L_1 \dots 1 \times 60 \text{ W}$
 $L_2 \dots 2 \times 75 \text{ W}$
 $L_3 \dots 1 \times 75 \text{ W und } 2 \times 60 \text{ W}$

3.5 Asymmetrische Last in Sternschaltung und simulierten Kabelbruch

Um einen Kabelbruch zu simulieren, wird der Aufbau aus Abbildung 4 herangezogen. Nun wird der Kontakt des Neutralleiters unterbrochen, indem das graue Kabel, sichtbar in Abbildung 3, aus dem Strompfad des Multimeters entfernt und in den Spannungsbereich gesteckt wird, um eine Spannungsmessung zu ermöglichen.

3.6 Wirkleistungsmessung

Um die Wirkleistung von allgemeinen Verbrauchern in Sternschaltung zu bestimmen, wird die Schaltung nach folgendem Schaltplan aus Abbildung 7 aufgebaut. Der tatsächliche Versuchsaufbau ist in Abbildung 8 ersichtlich.

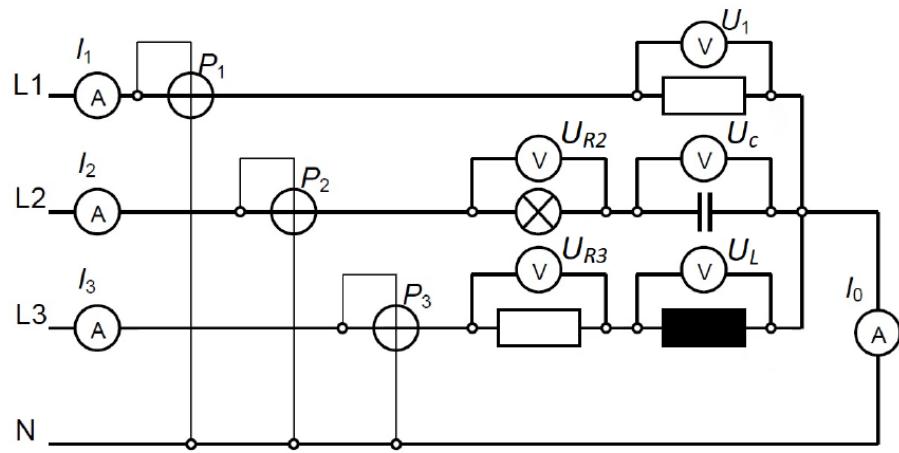


Abbildung 7: Schaltplan für die Messung der Wirkleistung für allgemeine Verbraucher in Sternschaltung [leistungsmessungvorbereitung]

I_i ... entsprechende Ströme gemessen mit entsprechenden Amperemeter A

U_i ... entsprechende Spannungen gemessen mit entsprechenden Voltmeter V

R_i ... entsprechender Widerstand durch die jeweiligen Verbraucher

P_i ... Powermeter

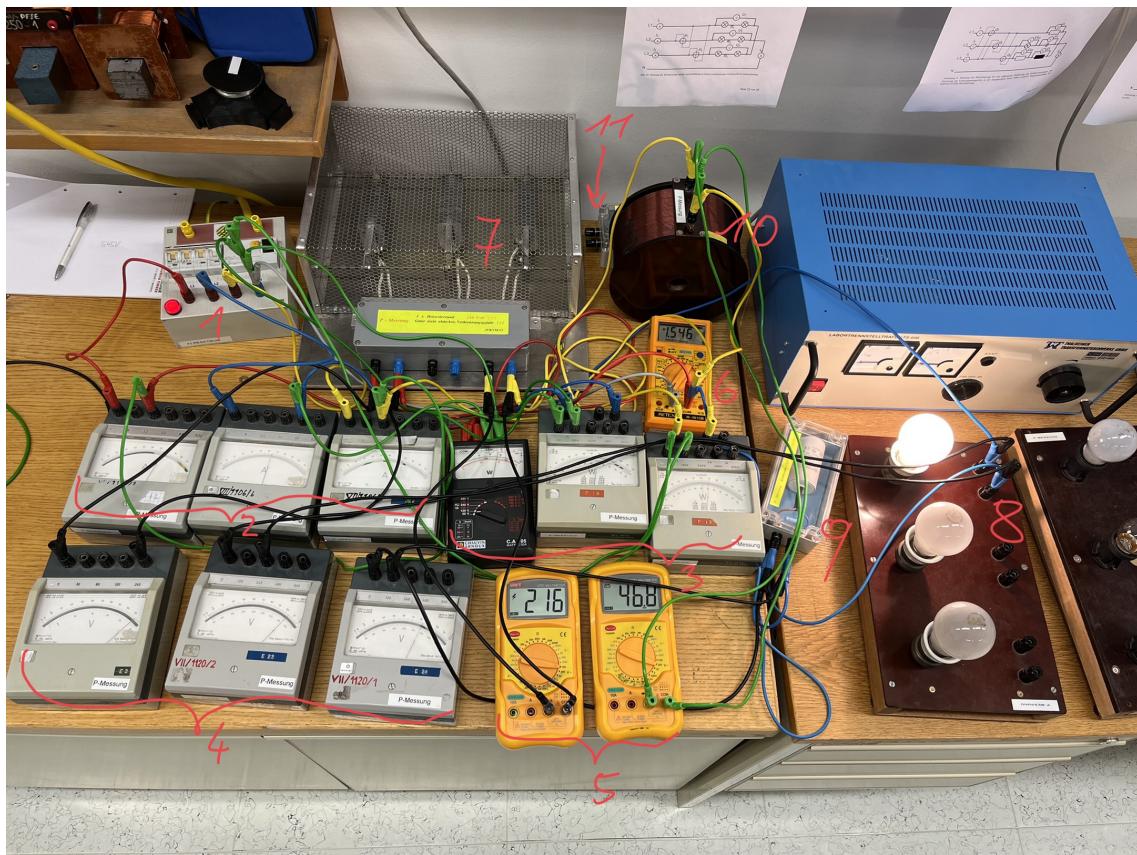


Abbildung 8: Realer Versuchsaufbau für die Messung der Wirkleistung für allgemeine Verbraucher in Sternschaltung. (Bei den Kabeln wurde ein Farbschema eingehalten, um eine bessere Übersicht zu ermöglichen.)

- 1 ... Versorgungsspannung (L_1 rot, L_2 blau, L_3 gelb)
- 2 ... seriell geschaltete Strommessgeräte
- 3 ... seriell geschaltete Leistungsmessgeräte mit parallelen Anschlüssen zum Neutralleiter (grün)
- 4 ... parallel geschaltete analoge Spannungsmessgeräte über die entsprechenden Verbraucher (schwarz)
- 5 ... parallel geschaltete digitale Spannungsmessgeräte über die entsprechenden Verbraucher (schwarz/grün)
- 6 ... Strommessgerät zwischen Sternpunkt und Neutralleiter (grau)
- 7 ... Heizwiderstände
- 8 ... ohmscher Verbraucher
- 9 ... Kapazität (Kondensator)
- 10 ... Induktivität (Spule)
- 11 ... 2. Kapazität für Bonusaufgabe

Für die Bonusaufgabe werden folgende Änderungen vorgenommen:

- L_1 bleibt unverändert (Heizwiderstand)
- L_2 Schaltung von einem Heizwiderstand und einem Kondensator mit parallel geschalteter Induktivität
- L_3 Schaltung von einem Heizwiderstand und einem Kondensator

3.7 Blindleistungsmessung

Um die Blindleistung eines allgemeinen Verbrauchers sichtbar zu machen, wird nun die Schaltung nach folgendem Schaltplan aus Abbildung 9 aufgebaut, indem die grünen Kabel der Powermeter aus Abbildung 8 entsprechend modifiziert werden.

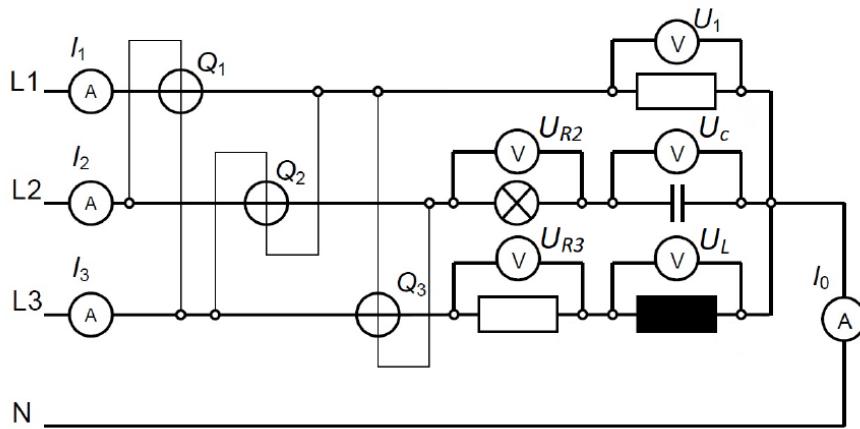


Abbildung 9: Schaltplan für die Messung der Blindleistung für allgemeine Verbraucher in Sternschaltung [leistungsmessungvorbereitung]

I_i ... entsprechende Ströme gemessen mit entsprechenden Ampermeter A

U_i ... entsprechende Spannungen gemessen mit entsprechenden Voltmeter V

R_i ... entsprechender Widerstand durch die jeweiligen Verbraucher

P_i ... Powermeter

3.8 Bau eines rudimentären Asynchron-Drehstrommotors

Um den Bau eines rudimentären Asynchron-Drehstrommotors zu realisieren, werden 3 Spulen mit Eisenkern wie in ?? um eine drehbar gelagerte Metallscheibe aufgestellt.

Die Spulen werden mit vorgeschalteten Heizwiderständen an die Versorgungsspannung geschlossen.

4 Geräteliste

Für den Versuch werden die in Tabelle 1 aufgelisteten Geräte verwendet.

Tabelle 1: Verwendete Geräte

Gerätetyp	Hersteller	Typ	Inventar-Nr
Transformator	Thalheimer	LTS 606	0161469
Box mit Versorgungsspannung			F1
Strommessgerät	Norma	analog	VII/1106/9 VII/1106/6 VI
Spannungsmessgerät	Norma	analog	VII/1120/2 VII/1120/1 E3
Leistungsmessgerät	Norma	analog	F18 F19
Leistungsmessgerät	Chauvin Arnoux	analog	C.A.505
Multimeter	UNI-T	UT51	
Multimeter	METEX	M-3610B	
Glühbirnen		3x 60 W 3x 75 W	
Kondensator		12 µF	G5 V
Spule			P
Heizwiderstand		3x 230 V	JFR/158/13
Bananenstecker			
Spule mit Eisenkern			
Metallscheibe auf Sockel	Hancaner	DT2234C	

5 Versuchsdurchführung und Messergebnisse

5.1 ohmsche Last in Wechselstromkreis

Um die Leistung der ohmschen Last im Wechselstromkreis zu messen, wird der Verbraucher, der in diesem Fall einer 75 W Glühbirne entspricht, wie in Abbildung 1 ersichtlich, in den Stromkreis geschlossen. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass die Geräte richtig in den Stromkreis geschlossen sind. Bei einem negativen Zeigerausschlag müssen also die Kabel vertauscht werden. Auch sollt bei den Geräten der richtige Messbereich ausgewählt werden, um sicherzustellen, dass die Geräte nicht überlastet werden, aber dennoch ein genaues Ergebnis anzeigen.

Nun wird mithilfe des Schleifkontakte des Netzgeräts eine Ausgangsspannung von 20 V erzeugt und diese kontinuierlich erhöht, bis schließlich ein Wert von 240 V erreicht ist. Die entsprechenden Werte der Messgeräte werden abgelesen und in folgender ?? aufgelistet.

5.2 Symmetrische Last in Dreieckschaltung

Um die Leistung eines symmetrischen Verbrauchs bei einer Dreiecksschaltung zu betrachten, wird ein Aufbau nach Abbildung 2 herangezogen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Glühlampen symmetrisch auf die Stränge verteilt sind, sich also auf jeden jeweils eine mit 75 W und eine mit 60 W befindet. Alle abgelesenen Messwerte der Messgeräte sind in folgender ?? aufgelistet.

5.3 Symmetrische Last in Sternschaltung

Nun wird die Schaltung insofern modifiziert, dass nun eine Sternschaltung vorliegt, wie in Abbildung 4 sichtbar.

Alle abgelesenen Werte der Messgeräte sind in folgender ?? aufgelistet.

5.4 Asymmetrische Last in Sternschaltung

Nun werden die einzelnen Stränge verschieden stark beansprucht, indem die Glühlampen asymmetrisch auf die Stränge verteilt werden. Dabei wird, wie bereits in Abschnitt 3 angeführt, folgende Konfiguration verwirklicht:

- $L_1 \dots 1 \times 60 \text{ W}$
- $L_2 \dots 2 \times 75 \text{ W}$
- $L_3 \dots 1 \times 75 \text{ W} \text{ und } 2 \times 60 \text{ W}$

Alle abgelesenen Werte der Messgeräte sind in folgender ?? aufgelistet.

5.5 Asymmetrische Last in Sternschaltung und simulierten Kabelbruch

Um nun einen Kabelbruch zu simulieren, wird die Verbindung des Neutralleiters unterbrochen. Zusätzlich wird nun auch der Spannungsabfall an jener Stelle gemessen, indem das entsprechende Multimeter als Spannungsmessgerät umfunktioniert wird. Die so abgelesenen Werte der Messgeräte sind in folgender ?? aufgelistet.

5.6 Wirkleistungsmessung

Um die Wirkleistung eines realen Verbrauchers zu bestimmen, werden auch Kapazitäten und Induktivitäten, wie in Abbildung 7 sichtbar, in die Schaltung integriert.

Alle abgelesenen Werte der Messgeräte sind in folgender ?? aufgelistet.

Nun werden die Außenleiter L_2 und L_3 vertauscht, wodurch folgende Werte, aus ?? entstehen:

Im Rahmen der Bonusaufgabe wird die Schaltung leicht modifiziert, wie bereits in Abschnitt 3 angeführt. Dabei ist darauf zu achten, dass am 2. Strang eine Parallelschaltung von Kapazität und Induktivität vorliegt.

Alle abgelesenen Werte der Messgeräte sind in folgender ?? aufgelistet.

Nun werden auch wieder die Außenleiter L_2 und L_3 vertauscht, wodurch folgende Werte, aus ?? entstehen:

5.7 Blindleistungsmessung

Um die Blindleistung der Schaltung messbar zu machen, müssen die parallelen Verbindungen der Powermeter, nach Abbildung 9 umgebaut werden.

Alle abgelesenen Werte der Messgeräte sind in folgender ?? aufgelistet.

Nun werden die Außenleiter L_2 und L_3 erneut vertauscht, wodurch folgende Werte, aus ?? entstehen:

Im Rahmen der Bonusaufgabe wird auch die leicht modifizierte Schaltung mit der Parallelschaltung von Kapazität und Induktivität am 2. Strang aufgebaut.

Alle abgelesenen Werte der Messgeräte sind in folgender ?? aufgelistet.

Nun werden auch wieder die Außenleiter L_2 und L_3 vertauscht, wodurch folgende Werte, aus ?? entstehen:

5.8 Bau eines rudimentärern Asynchron-Drehstrommotors

Beim Bau des Drehstrommotors ist darauf zu achten, dass die Spulen richtig in den Stromkreis geschlossen sind, sodass die maximale Drehzahl erreicht werden kann. Auch die Abstände der Eisenkerne sind durch Probieren so einzustellen, dass ein möglichst ruhiger Umlauf der Metallscheibe garantiert wird und sind nicht bei allen 3 Spulen gleich, da diese bezüglich der Anzahl an Wickelungen und Drahtdicke leicht verschieden sind.

Die Anzahl der Umdrehungen wird dabei mithilfe eines digitalen Zählers bestimmt, der anhand eines Laserstrahls die Markierung auf der Metallscheibe wahrnimmt. Die maximale Drehzahl, die mithilfe des Aufbaus realisiert werden konnte war

WS22
09.12.2022

STARK Matthias - 12004907
PHILIPP Maximilian - 11839611

FLAB 1
Leistungsmessung

6 Auswertung

- 6.1 ohmsche Last in Wechselstromkreis**
- 6.2 Symmetrische Last in Dreieckschaltung**
- 6.3 Symmetrische Last in Sternschaltung**
- 6.4 Asymmetrische Last in Sternschaltung**
- 6.5 Asymmetrische Last in Sternschaltung und simulierten Kabelbruch**
- 6.6 Wirkleistungsmessung**
- 6.7 Blindleistungsmessung**
- 6.8 Bau eines rudimentärern Asynchron-Drehstrommotors**

7 Diskussion

- 7.1 ohmsche Last in Wechselstromkreis**
- 7.2 Symmetrische Last in Dreieckschaltung**
- 7.3 Symmetrische Last in Sternschaltung**
- 7.4 Asymmetrische Last in Sternschaltung**
- 7.5 Asymmetrische Last in Sternschaltung und simulierten Kabelbruch**
- 7.6 Wirkleistungsmessung**
- 7.7 Blindleistungsmessung**
- 7.8 Bau eines rudimentärern Asynchron-Drehstrommotors**

8 Zusammenfassung

19 / 20

- 8.1 ohmsche Last in Wechselstromkreis**
- 8.2 Symmetrische Last in Dreieckschaltung**

Abbildungsverzeichnis

1	Realer Versuchsaufbau für die Messung einer ohmschen Last	5
2	Schaltplan für die Messung der Wirkleistung mit Aronschaltung für symmetrische Verbraucher in Dreiecksschaltung	6
3	Realer Versuchsaufbau für die Messung der Wirkleistung mit Aronschaltung für symmetrische Verbraucher in Dreiecksschaltung	7
4	Schaltplan für die Messung der Wirkleistung mit Aronschaltung für symmetrische Verbraucher in Sternschaltung	8
5	Realer Versuchsaufbau für die Messung der Wirkleistung mit Aronschaltung für symmetrische Verbraucher in Sternschaltung	9
6	Entsprechende Konfiguration für eine asymmetrische Verteilung der Last	10
7	Schaltplan für die Messung der Wirkleistung für allgemeine Verbraucher in Sternschaltung	11
8	Realer Versuchsaufbau für die Messung der Wirkleistung für allgemeine Verbraucher in Sternschaltung	12
9	Schaltplan für die Messung der Blindleistung für allgemeine Verbraucher in Sternschaltung	13

Tabellenverzeichnis

1	Verwendete Geräte	14
---	-----------------------------	----