

## **Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik**

### **1. Versuch**

#### **GET 4: Spannung, Strom, Leistung im Drehstromsystem**

### **2. Standort**

In unseren Laboren im Helmholtzbau H2546, H2547, H2548 und H2549.

### **3. Ziel und Inhalt**

Praktische Untersuchung von Strom-Spannungsverhalten des unsymmetrisch belasteten Vier- und Dreileiternetzes bei komplexen Verbrauchern in den Strängen. Darstellung der Spannungs-Strom-Beziehungen in Zeigerbildern. Messung von Strom, Spannung, Wirkleistung, Blindleistung an Verbrauchern im Vier- und Dreileiternetz. Vergleich verschiedener Messmethoden zur Wirkleistungsmessung im Drehstromsystem.

### **4. Vorausgesetztes Wissen**

- Grundlagen der Wechselstromtechnik;
- Strom-, Spannungs- und Leistungsbeziehungen in Drei- und Vierleiternetzen und zugehörige Zeigerdiagramme;
- Schaltungen zur Messung von Wirk- und Blindleistung im Drehstromsystem.

### **5. Literatur zur Vorbereitung**

- Lernprogramm „Drehstromsystem“ im „Learnweb“ unter <http://getsoft.net/>
- Vorlesungsunterlagen Allgemeine Elektrotechnik
- Seidel/Wagner, Allgemeine Elektrotechnik, Carl Hanser Verlag München
- Lunze, Theorie der Wechselstromschaltungen, Verlag Technik Berlin

## 6. Vorbereitung

- 6.1. Wie kann man im Drehstromsystem unter Ausnutzung der Phasenverhältnisse der Leiter- und Strangspannungen mittels Wattmeter die Blindleistung von Verbrauchern messen?
- 6.2. Zeigen Sie, wie bei der Aron-Schaltung die angezeigten Messwerte die Gesamtwirkleistung des Drehstromverbrauchers ergeben.
- 6.3. Weisen Sie nach, dass die 3-Wattmetermethode auch für Drei-Leiter-Systeme mit in Stern oder Dreieck geschalteten unsymmetrischen Verbrauchern gilt.
- 6.4. Leiten Sie die Formel für die Verschiebungsspannung  $\underline{U}_{NN'}$  für ein unsymmetrisches Dreileiternetz her.
- 6.5. In einem Vierleiternetz mit symmetrischer Spannungsverteilung ( $U_{\text{Strang}} = 230 \text{ V}$ ) sind die Leitwerte der Verbraucher:  $\underline{Y}_U = (0,2-j0,04) \text{ S}$  /  $\underline{Y}_V = (0,15-j0,02) \text{ S}$  /  $\underline{Y}_Z = (0,1-j0,01) \text{ S}$ . Gesucht sind die Leiterströme  $\underline{I}_1$ ,  $\underline{I}_2$ ,  $\underline{I}_3$ , und der Neutralleiterstrom  $\underline{I}_N$ . Welche Spannung  $\underline{U}_{NN}$  stellt sich zwischen den beiden Sternpunkten ein, wenn der Neutralleiter unterbrochen wird? Zeichnen Sie das Zeigerbild und ermitteln Sie daraus die Verbraucherspannungen. Überprüfen Sie das Ergebnis durch Rechnung.
- 6.6. Geben Sie die Messschaltungen zu 8.1 bis 8.4 an.

## 7. Geräte und Baugruppen am Versuchsplatz

- 3 Leistungsmesser Typ MAVOWATT 4
- 1 Schalterbaustein
- 5 Baugruppen Verbraucher
- 1 Klemmenbaustein als Sternpunkt

## 8. Aufgabenstellung und Versuchsauswertung

### Wichtige Sicherheitshinweise

- Achten Sie auf **übersichtlichen Aufbau** der Versuchsanordnung (ggf. Baustein Sternpunkt verwenden) und **zweckmäßige Anordnung der Messgeräte**: zunächst die Schaltung ohne Messgeräte aufbauen, dann die Messgeräte an die richtige Stelle platzieren.
- **Änderungen in der Schaltung** dürfen nur **nach allpoliger Trennung vom Netz** vorgenommen werden.
- Aufgrund der **Wärmeentwicklung an den Glühlampen** dürfen sich **keine Messschnüre** o.a. auf bzw. **an den Glühlampen** befinden.
- Achten Sie auf die **richtige Wahl der Messbereiche** für Strom und Spannung. Bei der Leistungsmessung zuerst den passenden Messbereich für die Strommessung einstellen, dann den passenden Messbereich für die Spannung. Das Produkt der gewählten Messbereiche entspricht der Leistungsanzeige bei Vollausschlag. Messbereiche im Messmodus „Leistung“ nicht umschalten.
- Beachten Sie bei allen Messungen die korrekte Beschaltung des Wattmeters, siehe Bedienungsanleitung am Arbeitsplatz.

## 8.1. Wirkleistungsmessung im Einphasensystem

Überprüfen Sie durch Leistungsmessung in einem Einphasennetz die Angaben der Leistungen der nummerierten Glühlampen 1 bis 6 in den drei Baugruppen.

## 8.2. Drehstromsystem mit unsymmetrischen Verbrauchern (komplexe Last) in Sternschaltung

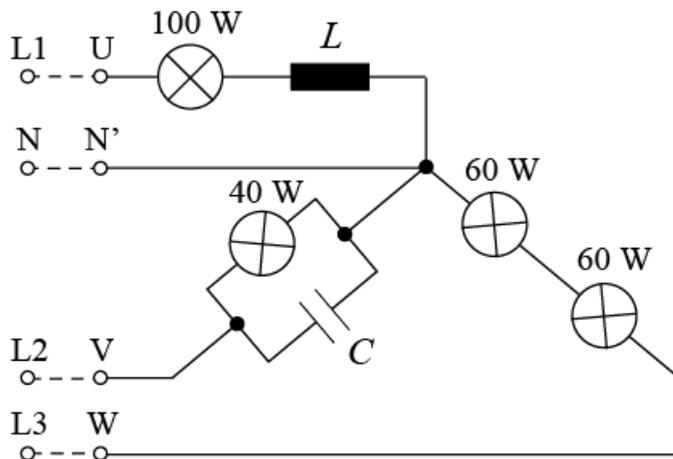


Bild 8.2

- 8.2.1. Messen Sie den Verbraucherstrangstrom, die Verbraucherstrangspannung, die Wirkleistung sowie die Blindleistung nacheinander in den Verbrauchersträngen U, V, W.
- 8.2.2. Legen Sie zur Messung des Neutralleiterstromes den Strompfad des Messgerätes in den Neutralleiter (Stromrichtung beachten). Zur Bestimmung des Nullphasenwinkels des Neutralleiterstromes legen Sie nacheinander an den Spannungspfad die Strangspannungen  $U_{L1N}$ ,  $U_{L2N}$  und  $U_{L3N}$ . Messen Sie jeweils den Neutralleiterstrom, die Strangspannung und notieren Sie die Anzeige des Wattmeters im Leistungsmessbereich. Notieren Sie sich ein evtl. notwendiges Umpolen am Spannungsmesser. Ermitteln Sie die Phasenlage des Neutralleiterstromes in Bezug auf die drei Strangspannungen nach folgender Beziehung:

$$\varphi_{LN} = \arccos\left(\frac{P}{U_{LvN} \cdot I_N}\right) = \varphi_{uLvN} - \varphi_{iN}$$

- 8.2.3. Überprüfen Sie die Gültigkeit der Leistungsbeziehungen gemäß Leistungsdreieck für die einzelnen Verbraucherstränge.
- 8.2.4. Ermitteln Sie aus den Messwerten die Induktivität der Vorschaltdrossel  $L$  und die Kapazität  $C$  des Kondensators.
- 8.2.5. Bestimmen Sie aus den Messwerten 8.2.1 die Nullphasenwinkel der Verbraucherstrangströme. Berechnen Sie aus den Verbraucherstrangströmen den Neutralleiterstrom nach Betrag und Winkel. Ermitteln Sie zeichnerisch den Neutralleiterstrom  $\underline{I}_N$  aus den Messergebnissen von 8.2.1. und vergleichen Sie mit der Rechnung. Vergleichen Sie hier ermittelte Phase von  $\underline{I}_N$  mit den Phasenverhältnissen des Neutralleiterstromes aus den Ergebnissen nach 8.2.2.

### 8.3. Drehstromsystem mit unsymmetrischen Verbrauchern (reelle Last) in Sternschaltung

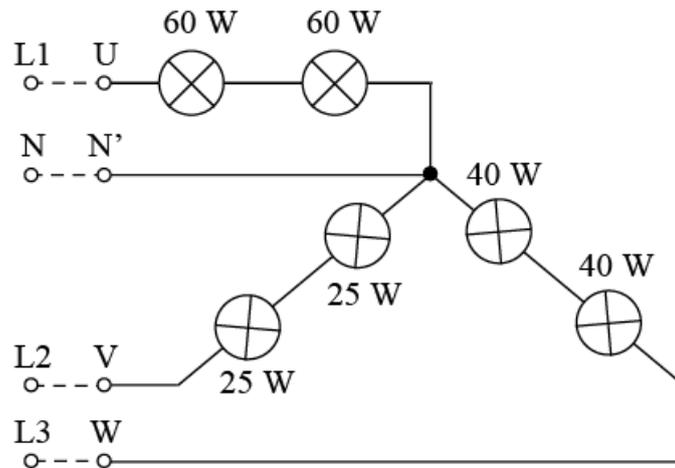


Bild 8.3

- 8.3.1. Schalten Sie die unsymmetrischen Verbraucher an das Vier-Leiter-Netz. Messen Sie die Leiterspannungen  $U_{12}$ ,  $U_{23}$  und  $U_{31}$  sowie die Verbraucherstrangspannungen  $U_{L1N}$ ,  $U_{L2N}$  und  $U_{L3N}$ .
- 8.3.2. Schalten Sie nun die unsymmetrischen Verbraucher an das Dreileiternetz (ohne Anschluss des Neutralleiters). Messen Sie die Verbraucherströme  $I_U$ ,  $I_V$  und  $I_W$ , die Verbraucherspannungen  $U_U$ ,  $U_V$  und  $U_W$  sowie die Sternpunkt-Verschiebungsspannung  $U_{N'N}$ .
- 8.3.3. Zeichnen Sie das topologische Zeigerdiagramm der Leiter- und Strangspannungen des Generators (Netzes) und tragen Sie in das Diagramm die Verbraucherspannungen ein (ohne Anschluss des Neutralleiters). Ermitteln Sie aus dem Diagramm die Sternpunktverschiebung  $\underline{U}_{N'N}$  (Betrag und Phase) und vergleichen Sie diese mit dem vorher gemessenen Wert  $U_{N'N}$ .
- 8.3.4. Berechnen Sie aus den Messwerten von 8.3.2 die Verbraucherleitwerte  $Y_U$ ,  $Y_V$  und  $Y_W$  sowie die Verschiebungsspannung  $\underline{U}_{N'N}$  (Betrag und Phase) und vergleichen Sie diese mit dem Ergebnis aus 8.3.3.

### 8.4 Drehstromsystem mit unsymmetrischen Verbrauchern in Dreieckschaltung

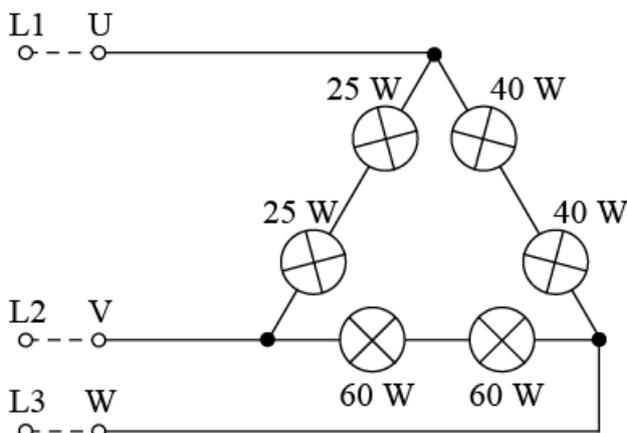


Bild 8.4

Messen Sie die Gesamtwirkleistung.

8.4.1. mit der Aron-Schaltung.

8.4.2. mit der 3-Wattmeter-Methode (künstlicher Sternpunkt)

Vergleichen Sie die Messergebnisse.