

## 6 Dreieckschaltung

Lernziele: Sie können ...

- ✓ eine Dreieckschaltung inklusive angeschlossene Aussenleiter aufzeichnen
- ✓ Spannungen, Ströme und Strangwiderstände einer Dreieckschaltung korrekt berechnen

### 6.1 Spannungen und Ströme

Jetzt betrachten wir die Eigenschaften der symmetrischen Dreieckschaltung. Von symmetrischer Last sprechen wir, wenn alle Aussenleiter gleich stark und gleichartig belastet sind.

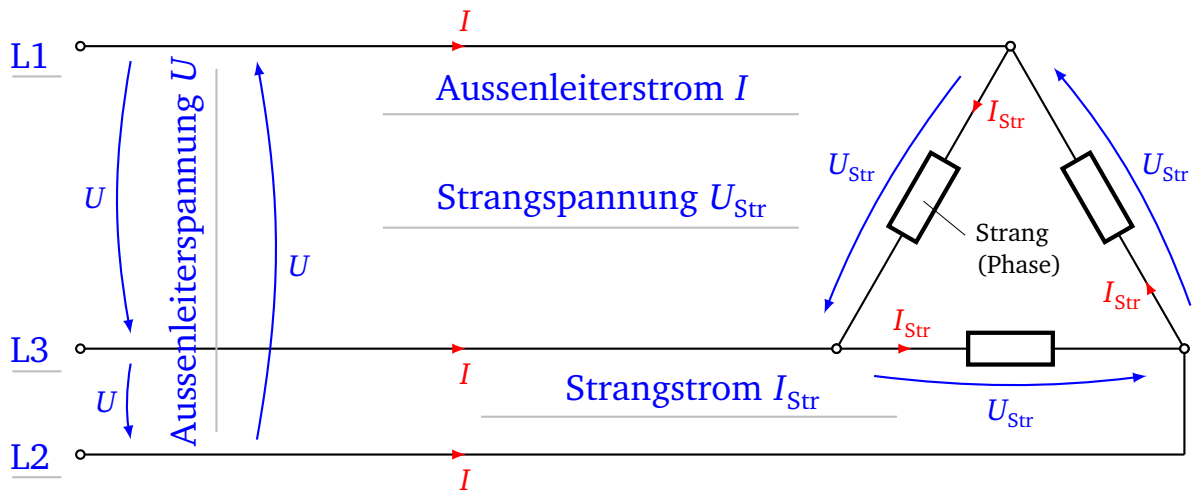
Bei Drehstrom sind für gleiche Bezeichnungen verschiedene Ausdrücke zu finden.

$U \triangleq$  Aussenleiterspannung (verkettete Spannung, Polleiterspannung usw.)

$U_{Str} \triangleq$  Strangspannung (Phasenspannung)

$I \triangleq$  Aussenleiterstrom (Polleiterstrom)

$I_{Str} \triangleq$  Strangstrom (Phasenstrom)



Anhand obiger Darstellung können wir folgende Merkmale erkennen:

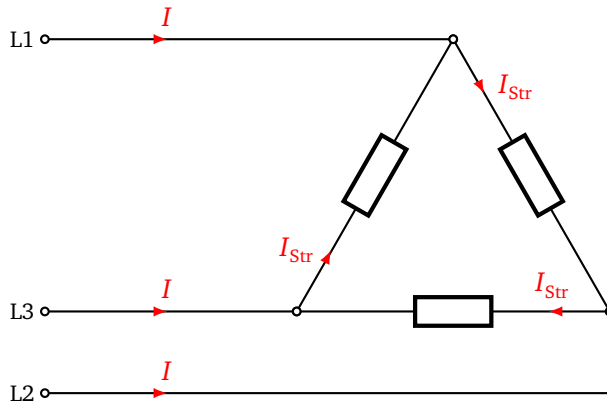
Bei der Dreieckschaltung tritt nur eine Spannung auf, nämlich die Aussenleiterspannung. D.h. die Aussenleiterspannung  $U$  und die Strangspannung  $U_{Str}$  sind gleich gross.

#### Spannung Dreieckschaltung

$$U = U_{Str}$$

[ $U$ ] Aussenleiterspannung ..... V

[ $U_{Str}$ ] Strangspannung ..... V



$I \hat{=}$  Aussenleiterströme

$I_{Str} \hat{=}$  Strangströme

Die obige Darstellung zeigt, dass die Aussenleiterströme  $I$  auf Knoten zufließen und sich dort in zwei Strangströme  $I_{Str}$  aufteilen.

Aufgrund der Phasenverschiebung der drei Aussenleiter sind die Strangströme jedoch nicht um den Faktor 2 sondern um den Faktor  $\sqrt{3}$  kleiner als die Aussenleiterströme.

Bei der Dreieckschaltung ist der Aussenleiterstrom  $I$  um den Verkettungsfaktor  $\sqrt{3}$  mal grösser als der Strangstrom  $I_{Str}$ .

**Strom Dreieckschaltung**

$$I = \sqrt{3} \cdot I_{Str}$$

[I] Aussenleiterstrom ..... A

[I<sub>Str</sub>] Strangstrom ..... A

**Übung**

- 1 Bei einem Boiler fliesst in den Aussenleitern je die Stromstärke  $I = 16.8\text{ A}$ . Welche Stromstärke  $I_{Str}$  fliesst durch einen Heizwiderstand?

$$I_{Str} = \frac{I}{\sqrt{3}} = \frac{16.9\text{ A}}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{9.76\text{ A}}}$$

- 2 Bei einem Schmelzofen wird eine Polleiterspannung von  $U = 3 \times 412\text{ V}/50\text{ Hz}$  gemessen. Gleichzeitig wird in der Zuleitung eine Stromstärke von  $I = 26.5\text{ A}$  ermittelt.

- a) Wie gross ist die Stromstärke in einem Strang des Schmelzofens?
- b) Wie gross ist der Strangwiderstand des Schmelzofens?

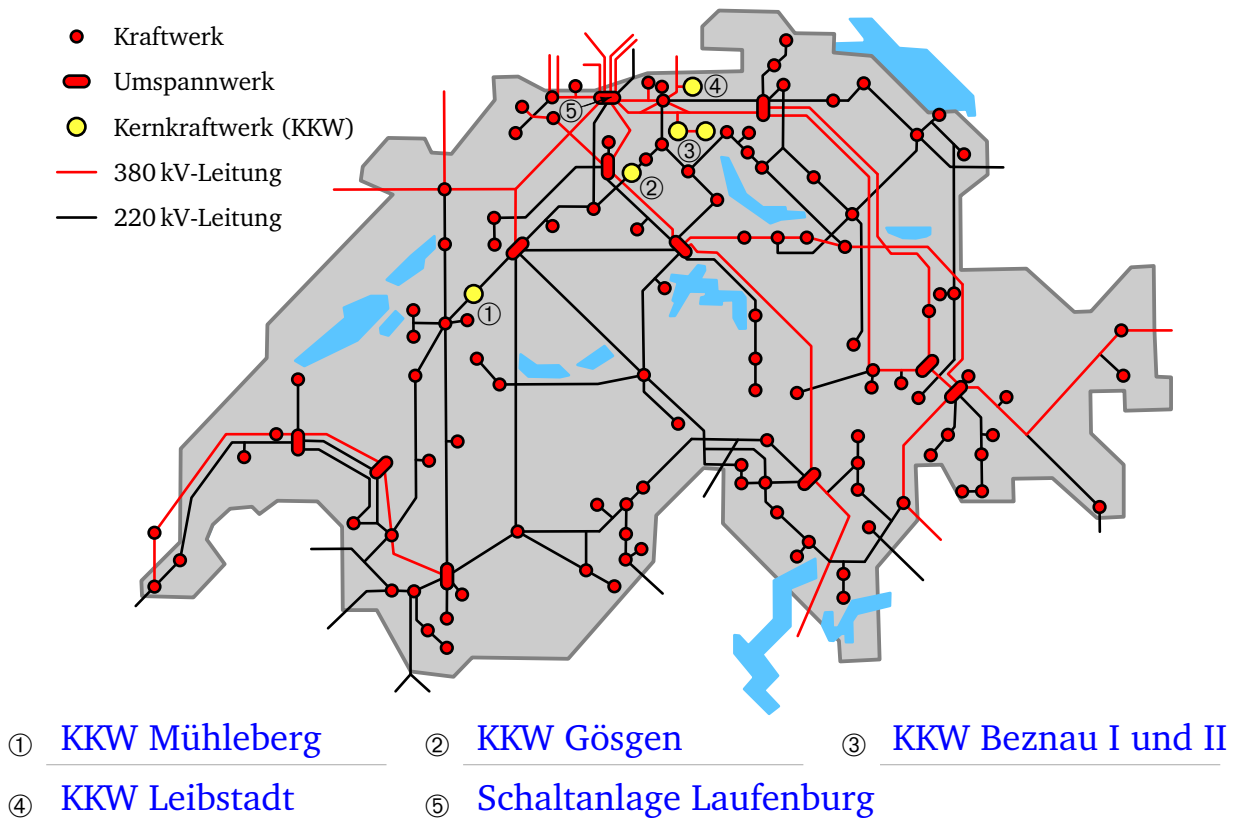
$$\text{a) } I_{Str} = \frac{I}{\sqrt{3}} = \frac{26.5\text{ A}}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{15.3\text{ A}}}$$

$$\text{b) } U_{Str} = U = \underline{\underline{412\text{ V}}} \quad R = \frac{U_{Str}}{I_{Str}} = \frac{412\text{ V}}{15.3\text{ A}} = \underline{\underline{26.9\ \Omega}}$$

Aufgaben 6.1 bis 6.10

## 9.2 Schweizerisches Verbundnetz

Die Swissgrid AG mit Sitz in Aarau ist die Eigentümerin des Schweizer Verbundnetzes. Ihr über 6700 Kilometer langes Höchstspannungsnetz transportiert die elektrische Energie mit einer Spannung von 380 kV oder 220 kV.



Obige Karte zeigt die Höchstspannungsleitungen des Schweizer Stromnetzes sowie grössere Kraftwerke und Umspannwerke. Bei den *Kraftwerken* handelt es sich in erster Linie um Kernkraftwerke, Wasserkraftwerke und Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen.

In den *Umspannwerken* werden unterschiedliche Spannungsebenen miteinander verbunden. Sie bestehen aus Leistungstransformatoren und Schaltanlagen. Die Schaltanlagen wiederum verfügen u.a. über Schaltgeräte sowie Sammelschienen und sind für die Stromverteilung im Netz verantwortlich. Die Schweiz ist mit über vierzig Leitungen eng mit den Nachbarländern vernetzt. Wobei die Schaltanlage Laufenburg einen speziell wichtigen Knotenpunkt der Schweizerischen wie auch der europäischen Energieversorgung bildet.

### 9.2.1 Smart Grid

Unsere Energieversorgung befindet sich aktuell im Umbruch. Mit der Energiewende werden vermehrt erneuerbare Energien wie z.B. Solar- und Windkraft in unser Stromnetz integriert. Dadurch, dass diese Schwankungen unterlegen sind, ist entweder zu viel Strom vorhanden oder zu wenig. Die Sonne scheint und der Wind weht; dann mal wieder nicht. Das verlangt nach einem intelligenten Stromnetz - dem *Smart Grid*.

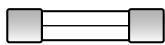
Damit das Smart Grid funktioniert, kommen intelligente Stromzähler (*Smart Meter*) zum Einsatz. Diese Geräte ermöglichen den Teilnehmern im Stromnetz ihre Verbräuche und ihre Erzeugungen auf einem separaten Datennetz zu kommunizieren. Eine moderne Steuerungszentrale wertet diese Daten aus und ist dadurch in der Lage, die schwankende Energiezufuhr und die Stromversorgung zu regeln.

## 12.1 Schmelzsicherungen

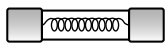
Bei den Miniaturversicherungssystemen wird zwischen den *Geräteschutzsicherungen* und den *Kleinleistungssicherungen* unterschieden. Bei beiden Typen besteht der Sicherungskörper aus Glas oder Keramik und trägt an den beiden Enden Kontaktkappen, die durch einen feinen Schmelzdraht miteinander verbunden sind.

### 12.1.1 Geräteschutzsicherungen

Geräteschutzsicherungen (GSS, Feinsicherungen) sind durchsichtige Miniaturversicherungen mit kleinem Schaltvermögen. Sie eignen sich nur zum Überlastschutz von Geräten.



Aufbau: durchsichtig, ohne Sandfüllung  
 Abmessungen: zylindrisch 5 × 20 mm, 6.3 × 32 mm (∅ × Länge)  
 Schaltvermögen: 35 A bei 250 V  
 Anwendung: Labornetzteilen, Steckdosenleisten usw.

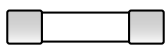


### 12.1.2 Kleinleistungssicherungen

Kleinleistungssicherungen (KLS) sind undurchsichtige Miniaturversicherungen mit einem Schaltvermögen bis 1500 A. Die Schmelzeinsätze sind zwecks Funkenlöschung mit Sand gefüllt und eignen daher als Überlast- und Kurzschlusschutz.



Aufbau: undurchsichtig, mit Sandfüllung  
 Abmessungen: zylindrisch 5 × 20 mm, 6.3 × 32 mm (∅ × Länge)  
 Schaltvermögen: 1500 A bei 250 V  
 Anwendung: Dimmer, Transformatoren, Steuerstromkreisen usw.



Miniaturversicherungen werden für Bemessungsströme von 0.1 A bis 12.5 A hergestellt. Sie dürfen wegen der Verwechslungsgefahr nur von instruierten Personen gewechselt werden.

Auf den Miniaturversicherungen sind meistens der Bemessungsstrom, die maximale Spannung, die Auslösecharakteristik sowie das Ausschaltvermögen vermerkt.

Auslösecharakteristik	
superflink	FF
flink	F
mittelträge	M
träge	T
superträge	TT

Ausschaltvermögen bei 250 V			typische Bauform
niedrig	L	mind. 35 A	Glasrohr
erhöht	E	mind. 100 A	Glasrohr, verstärkt oder gefüllt
hoch	H	mind. 1500 A	Keramikrohr, sandgefüllt

## Übung

1 Welche Eigenschaften hat die im Dimmer eingebaute Miniaturversicherung T2 H250V?



Quelle: Gira GmbH

- Kleinleistungssicherung (KLS)
- träge
- Bemessungsstrom 2 A
- Ausschaltvermögen mind. 1500 A
- maximale Spannung 250 V

Aufgaben 12.4 bis 12.6

## 12.4 Schütze und Relais

---

### 12.51 Aufgabe ✓

Was ist ein Schütz?

---

### 12.52 Aufgabe ✓

Am Steuerkontakt eines Schützes steht die Aufschrift „NC“ . Was bedeutet dies?

---

### 12.53 Aufgabe ✓

Erklären Sie die beiden Begriffe: a) Ordnungsziffer und b) Funktionsziffer.

---

### 12.54 Aufgabe ✓

Welche Gebrauchskategorie wählen Sie für einen Boilerschützen?

---

### 12.55 Aufgabe ✓

Wofür können Steuer- bzw. Hilfskontakte von Schützen verwendet werden? (3 Beispiele)

---

### 12.56 Aufgabe ✓

Welche der gegebenen Aussagen über den Einsatz eines Schützes AC-3 ist richtig?

- Das Schütz wird beim Gegenstrombremsen von Drehstrommotoren eingesetzt.
  - Das Schütz wird beim Tipbetrieb von Drehstrommotoren eingesetzt.
  - Das Schütz wird zum Anlassen von Drehstrommotoren eingesetzt.
  - Das Schütz wird zum Anlassen von AC-Reihenschlussmotoren eingesetzt.
- 

### 12.57 Aufgabe ✓

Bestehen Kern und Anker eines Schützes aus magnetisch hartem oder weichem Material?

---

### 12.58 Aufgabe ✓

Weshalb sind die Kerne der Schütze mit Wechselstromanschluss lamelliert?

---

### 12.59 Aufgabe ✓

Durch welches Bauteil wird das Brummen eines Wechselstrom-Schützes verhindert?

---

### 12.60 Aufgabe ✓

Warum kann ein Schütz mit einer Erregerspule für 230 V/50 Hz nicht für 230 V Gleichstrom verwendet werden?

---

### 12.61 Aufgabe ✓

Welche Halbleiter sind im Hauptstromkreis eines elektronischen Schützes verbaut?

---

### 12.62 Aufgabe ✓

Nennen Sie drei Vorteile, die elektronische gegenüber konventioneller Schützen haben.

---

**12.63 Aufgabe ✓**

Nennen Sie vier wichtige Teile eines Relais.

---

**12.64 Aufgabe ✓**

Worin unterscheidet sich ein Relais von einem Schützen?

---

**12.65 Aufgabe ✓**

Zählen Sie mindestens fünf verschiedene Relaisarten auf.

---

**12.66 Aufgabe ✓**

Auf welche Stromstärke muss der Auslöser eines Motorschutzschalters eingestellt werden?

---

**12.67 Aufgabe ✓**

Welche der unten aufgeführten Aussagen ist richtig?

- Motorschutzschalter messen die Temperatur der Motorwicklung (Motorvollschutz).
  - Motorschutzschalter muss immer ein Leistungsschalter vorgeschaltet werden.
  - Motorschutzschalter öffnen beim Auslösen nur den Steuerstromkreis des Motors.
  - Motorschutzschalter öffnen beim Auslösen direkt den Hauptstromkreis zum Motor.
- 

**12.68 Aufgabe ✓**

Welche Motorschutzschalter benötigen keine Vorsicherung als Kurzschlusschutz?

---

**12.69 Aufgabe ✓**

Ein Kondensatormotor  $1 \times 230\text{V}$  soll mit einem 3-poligen Motorschutzschalter vor Überlast geschützt werden. Worauf ist beim Verdrahten des Motorschutzschalters zu achten?

---

**12.70 Aufgabe ✓**

Erklären Sie die Wirkungsweise der thermischen Auslösung eines Motorschutzschalters!

---

**12.71 Aufgabe ✓**

Warum kann ein Drehstrom-Asynchronmotor durch Schmelzsicherungen nicht vor Überlast geschützt werden?

---

**12.72 Aufgabe ✓**

Wie funktioniert ein Motorvollschutz z.B. mit Kaltleitern (PTC)?

---

**12.73 Aufgabe ✓**

Welche der unten aufgeführten Aussagen ist richtig?

- Motorschutzrelais öffnen beim Auslösen nur den Steuerkontakt 95-96 des Motors.
- Motorschutzrelais erfassen direkt die Temperatur der Motorwicklung (Klixon).
- Motorschutzrelais öffnen beim Auslösen nur den Steuerkontakt 97-98 des Motors.
- Motorschutzrelais öffnen beim Auslösen direkt den Hauptstromkreis zum Motor.