

# Die Dreieckschaltung

Handreichung zur Präsentation

Raphael Dienert

5. Oktober 2016

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Wiederholung: Knoten- und Maschenregel</b>	<b>1</b>
1.1	Maschenregel . . . . .	1
1.1.1	Beispiel Maschenregel . . . . .	1
1.2	Knotenregel . . . . .	1
1.2.1	Beispiel Knotenregel . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Dreiphasenwechselstrom</b>	<b>2</b>
2.1	Erzeugung von Dreiphasenwechselstrom mit einer Synchronmaschine	2
<b>3</b>	<b>Ströme und Spannungen bei der Dreieckschaltung</b>	<b>2</b>
3.1	Ströme und Spannungen bei der Dreieckschaltung . . . . .	2
<b>4</b>	<b>1. Arbeitsauftrag</b>	<b>3</b>
4.1	Maschenregeln aufstellen . . . . .	3
<b>5</b>	<b>Lösung 1</b>	<b>3</b>
5.1	Ströme und Spannungen im Zeigerdiagramm . . . . .	3
<b>6</b>	<b>2. Arbeitsauftrag</b>	<b>4</b>
6.1	Knotenregeln aufstellen . . . . .	4
<b>7</b>	<b>Lösung 2</b>	<b>4</b>
7.1	Ströme und Spannungen im Zeigerdiagramm . . . . .	4
7.2	Phasenverschiebung des Leiterstroms . . . . .	5
<b>8</b>	<b>Spezialfall: symmetrische Belastung</b>	<b>5</b>
8.1	Ströme und Spannungen im Zeigerdiagramm bei symmetrischer Belastung . . . . .	5
8.2	Leistung bei der Dreieckschaltung . . . . .	6
8.3	Anwendung: Stern- Dreieck-Anlauf von Drehstrommotoren . . . . .	6
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>7</b>
<b>10</b>	<b>Nachschlagewerke und Softwarewerkzeuge</b>	<b>7</b>
<b>11</b>	<b>Abbildungsverzeichnis und Bildquellen</b>	<b>7</b>

# 1 Wiederholung: Knoten- und Maschenregel

## 1.1 Maschenregel

- Eine Masche ist ein *geschlossener* Weg innerhalb einer beliebigen Schaltung.
- Definition der Maschenregel:

Geht man in einer Masche einmal komplett im Kreis herum, ist die Summe aller Spannungen **Null!**

- Beim Aufsummieren der Spannungen muss man die Pfeilrichtungen beachten: Spannungspfeile, die gegen die Laufrichtung zeigen werden negativ gezählt.

Vgl.: [1]

### 1.1.1 Beispiel Maschenregel

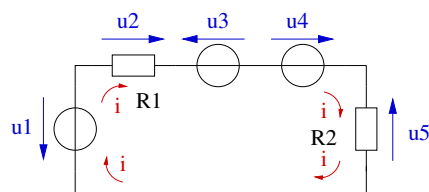


Abbildung 1: Beispiel zur Maschenregel

$$-u_1 + u_2 - u_3 + u_4 - u_5 = 0$$

Vgl.: [1]

## 1.2 Knotenregel

- Ein Knoten ist ein Punkt, an dem mehrere elektrische Leiter miteinander verbunden sind.
- Definition der Knotenregel:

Die Summe aller Ströme, die auf einen Knoten zufließen ist genauso gross wie die Summe aller Ströme, die von diesem Knoten wegfließen!

- Die Knotenregel ist ein Spezialfall des *Ladungserhaltungssatzes*.
- Im Knoten geht keine Ladung verloren: soviel Elektronen wie hineinfließen, fließen auch wieder hinaus.

Vgl.: [2]

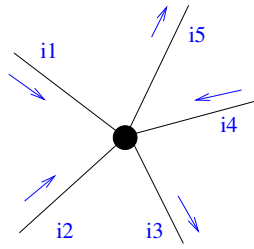


Abbildung 2: Beispiel zur Knotenregel

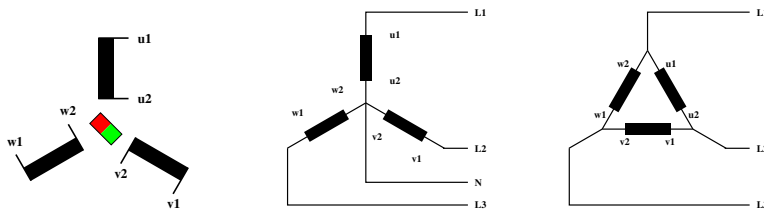
### 1.2.1 Beispiel Knotenregel

$$i_1 + i_2 + i_4 = i_3 + i_5$$

Vgl.: [2]

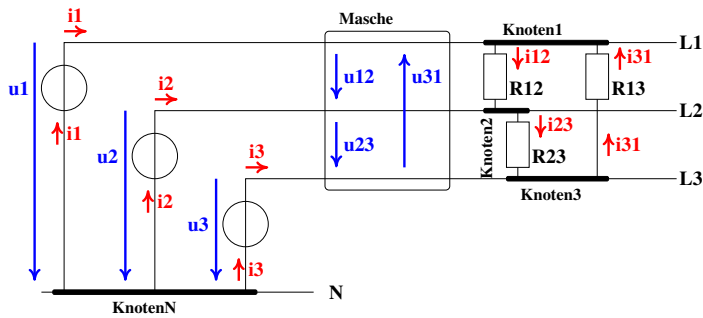
## 2 Dreiphasenwechselstrom

### 2.1 Erzeugung von Dreiphasenwechselstrom mit einer Synchronmaschine



## 3 Ströme und Spannungen bei der Dreieckschaltung

### 3.1 Ströme und Spannungen bei der Dreieckschaltung



## 4 1. Arbeitsauftrag

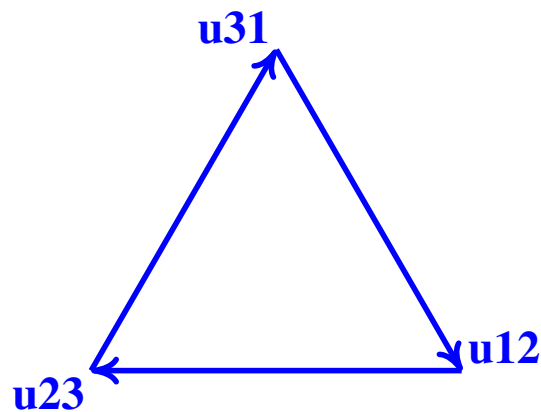
### 4.1 Maschenregeln aufstellen

- Stelle die Maschenregel für die Strangspannungen  $U_{12}$ ,  $U_{23}$  und  $U_{31}$  auf.
- Zeiche das Zeigerdiagramm auf zwei Arten: als gleichseitiges Dreieck und als Stern.
- Zeichne in das sternförmige Zeigerdiagramm die Ströme  $i_{12}$ ,  $i_{23}$  und  $i_{31}$  ein. Dabei soll gelten:  $U_1 = U_2 = U_3 = 230\text{V}_{\text{eff}}$ ,  $R_{12} = 563\Omega$ ,  $R_{13} = 751\Omega$ ,  $R_{23} = 1123\Omega$
- Hinweis: wie gross ist der Effektivwert der Strangspannungen  $U_{12}$ ,  $U_{23}$  und  $U_{13}$ ? Wie gross wird der Scheitelwert der Strangspannungen?

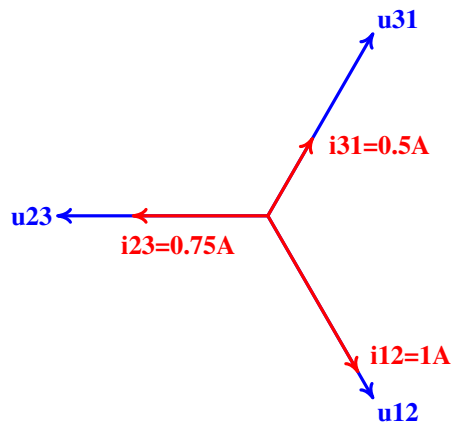
## 5 Lösung 1

### 5.1 Ströme und Spannungen im Zeigerdiagramm

- Die Anwendung der Maschenregel ergibt ein gleichseitiges, geschlossenes *Dreieck*:



- Durch *Verschieben* der Zeiger erhält man einen Stern
- Da wir ohmsche Lastwiderstände haben, sind die Ströme *in Phase* mit den Spannungen



## 6 2. Arbeitsauftrag

### 6.1 Knotenregeln aufstellen

- Stelle die Knotenregeln für die Knoten *Knoten1*, *Knoten2* und *Knoten3* auf.
- Leite aus den Knotenregeln Gleichungen für  $i_1$ ,  $i_2$  und  $i_3$  her.
- Zeichne die drei Ströme in das Zeigerdiagramm ein.
- Ist auch die Knotenregel für den Knoten *KnotenN* erfüllt?

## 7 Lösung 2

### 7.1 Ströme und Spannungen im Zeigerdiagramm

- Maschenregel Knoten1:  $i_1 + i_{31} - i_{12} = 0$

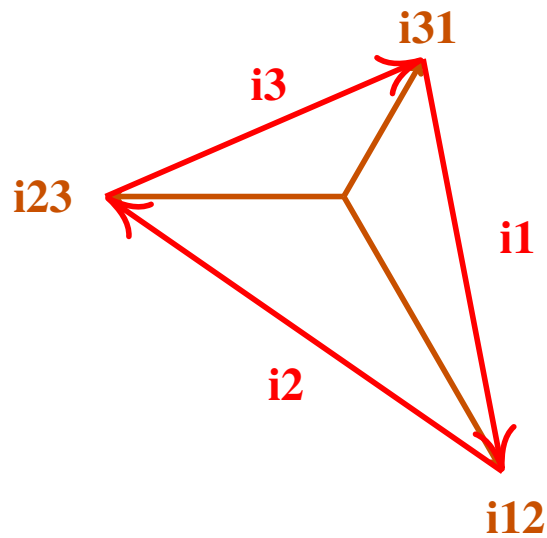
$$i_1 = i_{12} - i_{31}$$

- Maschenregel Knoten2:  $i_2 - i_{23} + i_{12} = 0$

$$i_2 = i_{23} - i_{12}$$

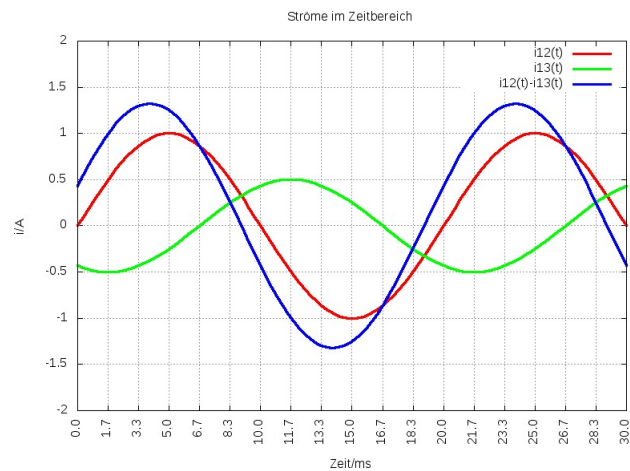
- Maschenregel Knoten3:  $i_3 + i_{23} - i_{31} = 0$

$$i_3 = i_{31} - i_{23}$$



## 7.2 Phasenverschiebung des Leiterstroms

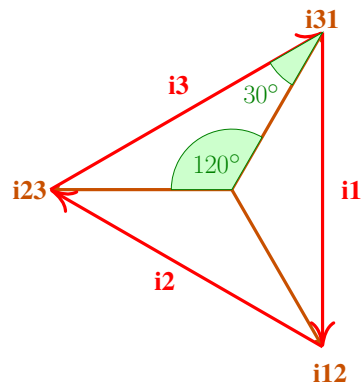
mit gnuplot erstelltes Schaubild der Ströme  $i_{12}$ ,  $i_{13}$  und  $i_1$ :



## 8 Spezialfall: symmetrische Belastung

### 8.1 Ströme und Spannungen im Zeigerdiagramm bei symmetrischer Belastung

- Bei symmetrischer Belastung sind  $i_1 = i_2 = i_3$
- die Strangströme bilden einen Winkel von  $120^\circ$  zueinander
- die Phase zwischen zwei Leiterströmen beträgt ebenfalls  $120^\circ$



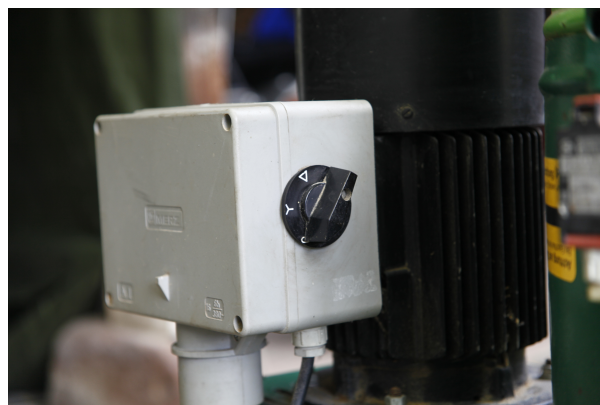
## 8.2 Leistung bei der Dreieckschaltung

Der Leiterstrom wird  $\sqrt{3}$  mal so gross wie der Strangstrom

- Der Verbraucher wird bei Dreieckschaltung mit der Strangspannung betrieben.
- Die Strangspannung ist ebenfalls um den Faktor  $\sqrt{3}$  grösser als die Leiterspannung.
- Damit wird die Leistung bei der Dreieckschaltung um den Faktor  $\sqrt{3} \cdot \sqrt{3} = 3$  grösser als bei der Sternschaltung.

## 8.3 Anwendung: Stern- Dreieck-Anlauf von Drehstrommotoren

- Der Stern-Dreieck-Anlauf wird verwendet um die hohen Ströme beim Anlauf von Elektromotoren mit mehr als 3kW Leistung abzumildern.
- Der Motor wird in zwei Stufen angelassen.
- Stern-Dreieck-Anlaufschalter eines Gartenhäckslers:



## 9 Literaturverzeichnis

### Literatur

- [1] <http://dt.wara.de/pdf/its/netzwerkTechnik/einfuehrungE-technik/artikel.pdf>, Seite 6
- [2] <http://dt.wara.de/pdf/its/netzwerkTechnik/einfuehrungE-technik/artikel.pdf>, Seite 7

## 10 Nachschlagewerke und Softwarewerkzeuge

<article> Aus diesen Werken wurde *nicht* zitiert!

**Fachkunde Elektrotechnik** Europa Lehrbuch, ISBN 3-8085-3431-1, S.150-151, S.294

**Handbuch zu Tikz** The Tik Z and PGF Packages, Till Tantau, pdf, 2012

**gnuplot** Funktionsplotter, Quelltext s.u.

## 11 Abbildungsverzeichnis und Bildquellen

### Abbildungsverzeichnis

1	Beispiel zur Maschenregel . . . . .	1
2	Beispiel zur Knotenregel . . . . .	2
3	Generator in Stern- und Dreieckschaltung, R. Dienert, gezeichnet mit <code>tikz</code> . . . . .	2
4	Ströme und Spannungen bei der Dreieckschaltung, R. Dienert, gezeichnet mit <code>tikz</code> . . . . .	2
5	Strangspannungen im Dreieck, R. Dienert, gezeichnet mit <code>tikz</code> . . . . .	3
6	Strangspannungen und -Ströme im Zeigerdiagramm, R. Dienert, gezeichnet mit <code>tikz</code> . . . . .	4
7	Zeigerdiagramm der Ströme bei asymmetrischer Belastung, R. Dienert, gezeichnet mit <code>tikz</code> . . . . .	5
8	Leiter- und Strangströme im Zeitbereich, R. Dienert, erstellt mit <code>gnuplot</code> . . . . .	5
9	Zeigerdiagramm der Ströme bei symmetrischer Belastung, R. Dienert, gezeichnet mit <code>tikz</code> . . . . .	6
10	Motorsteuerung mit Stern-Dreieck-Anlauf, R. Dienert, eigenes Foto . . . . .	6



### Quelltext des gnuplot-Skripts

```
f=50
i12(t)=1*sin(2.0*pi*f*t/1000)
i13(t)=0.5*sin(2.0*pi*f*(t/1000-6.66666666666667))
set xrange[0:30]
set yrange[-2:2]
set title 'Ströme im Zeitbereich'
set xlabel 'Zeit/ms'
set ylabel 'i/A'
set terminal qt
set dummy t
#set ytics 0.05
set xtics 1.666666 rotate
set format x "%2.1f"
set grid
set term jpeg size 800,600
set output 'phasen.jpg'
plot i12(t), i13(t), i12(t)-i13(t)
```