

Name, Vorname	Testat	Besprechung:	22.03.11
		Abgabe:	30.03.11

Wechselstromrechnung

Aufgabe 1: Glühlampen an Bahnstromversorgung

An der Frequenz $f = 16\frac{2}{3}\text{Hz}$ von Bahnstromversorgungen wie der der SBB neigen die Glühlampen zu einem mit dem Auge noch wahrnehmbaren Flackern mit der Frequenz von $2 \cdot f = 33\frac{1}{3}\text{Hz}$. Um diese unangenehme Erscheinung zu vermindern, können jeweils zwei Glühlampen in Parallelschaltung mit phasenverschobenen Strömen betrieben werden.

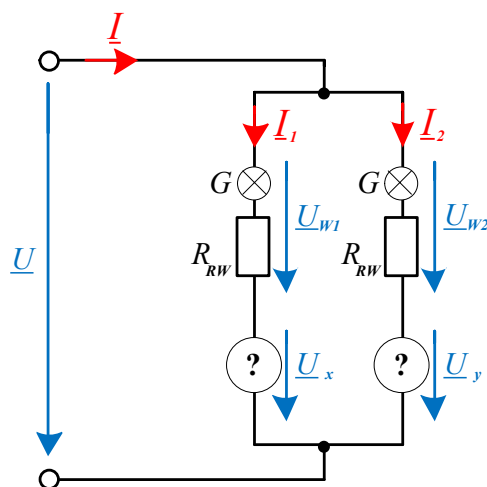


Abb. 1: Lampenschaltung für Bahnstromversorgung mit $f = 16\frac{2}{3}\text{Hz}$.

Eine geeignete Schaltung dafür (**Abb. 1**) soll aus zwei parallelen Zweigen bestehen, deren Teilspannungen U_{W1} sowie U_{W2} gegeneinander um 90° und gegen die Netzspannung U um je 45° phasenverschoben sein sollen. Die Netzspannung beträgt $U = 220\text{V}$. Die Glühlampen können als Wirkwiderstände aufgefasst werden und sollen mit $U_G = 120\text{V}$ bei $I_G = \frac{1}{3}\text{A}$ betrieben werden. U_x und U_y sollen ohne Wirkleistungsverluste gebildet werden.

1. Zeichne das Zeigerdiagramm der Lampenschaltung ($U, U_{W1}, U_{W2}, U_x, U_y, I, I_1, I_2$).
2. Welcher Typ von elektrischen Bauelementen ergeben die gewünschten Spannungen U_x, U_y ?
3. Bestimme die erforderlichen Vorwiderstände R_{VW} und dimensioniere die elektrischen Bauelemente um die gewünschten Spannungen zu erreichen.
4. Bestimme den Strom, den die Schaltung vom Netz zieht.

Aufgabe 2: Stern- Dreieckanlauf bei Asynchronmotoren

Asynchronmotoren werden direkt am Drehstromnetz betrieben. Sie werden sehr häufig eingesetzt in Bereichen, wo eine kontinuierliche Leistung gefragt wird, wie zum Beispiel in der Industrie (Pumpen, Kompressoren, Ventilatoren, Extruder etc.) oder auch in der Mobilität (Schiffe, Elektro/Hybridfahrzeuge, Züge etc.).

Für ein kleines Skigebiet soll nun ein zusätzlicher Skilift gebaut werden. Für den (elektrischen) Antrieb macht der zuständige Ingenieur folgende Überlegungen:

- max benötigte Leistung des Skiliftes: $P = 50 \text{ Personen} * 100\text{kg} * 9.81 \text{ ms}^{-2} * 400\text{m} / 5 \text{ min} * \text{Getriebeverlust} * \text{Unsicherheitsfaktor}$

Den Antrieb könnte man sowohl an das lokale Verteilnetz ($U = 400 \text{ V}$) als auch an das regionale Verteilnetz ($U = 25 \text{ kV}$) anschliessen.

Der Ingenieur bekommt folgende Offerten für Asynchronmotoren:

- Nennleistung 200 kW, Leistungsfaktor 0.9, Nennspannung 25 kV in Dreieckschaltung
- Nennleistung 75 kW, Leistungsfaktor 0.25, Nennspannung 25 kV in Dreieckschaltung
- Nennleistung 180 kW, Leistungsfaktor 0.85, Nennspannung 400 V in Sternschaltung

Der Ingenieur entscheidet sich für die erste Offerte.

1. Was spricht gegen die anderen zwei Offerten und wieso können diese wahrscheinlich nicht von einem seriösen Anbieter stammen? Stütze deine Überlegungen mit konkreten Berechnungen.

Der Ingenieur modelliert den Asynchronmotor mit drei identischen komplexen Widerständen \underline{Z} (die Wicklungen) welche jeweils an die Phasen angeschlossen werden. Für diese Schaltung gibt es aber zwei Möglichkeiten: Stern- oder Dreieckschaltung.

2. Zeichne das Ersatzschaltbild sowohl für den Stern- als auch für den Dreieckbetrieb.
3. Berechne den Phasenstrom, den der Asynchronmotor im stationären Nennbetrieb vom Netz aufnimmt. (Dreieckschaltung)
4. Berechne die komplexe Scheinleistung und die Blindleistung im Nennbetrieb. Für was wird die Blindleistung gebraucht? Ist der Phasenwinkel positiv oder negativ?
5. Wie gross ist der komplexe Widerstand \underline{Z} ?
6. Wie hoch ist die Spannung, die im Nennbetrieb an den Wicklungen liegt und wie hoch ist der Betrag des Stromes, der durch die Wicklungen fliesst?

Beim ersten Hochfahren bemerkt der Ingenieur, dass der Asynchronmotor beim Anfahren im Maximum 8mal so viel Strom vom Netz zieht, als er eigentlich ausgerechnet hat (was durchaus üblich ist). Die Netzsicherung, welche bei 20A pro Phase (Effektivwert) anspricht, wird dabei auslöst. Der Ingenieur besorgt sich daraufhin ein Relais, welches es erlaubt, zwischen Dreieck- und Sternschaltung umzuschalten.

7. Wie viel Strom fliesst nun maximal durch einen komplexen Widerstand \underline{Z} beim Anfahren? Spricht die Netzsicherung bei Sternschaltung nun an?

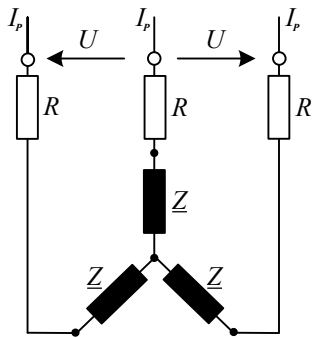


Abb. 2: „seriell“

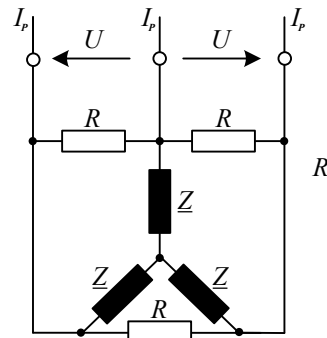


Abb. 3: „im Dreieck“

Der Ingenieur möchte die Strombelastung des Netzes beim Anfahren weiter reduzieren. In seiner Werkstatt findet er drei gleiche Widerstände R mit je $5\text{k}\Omega$.

8. Der Ingenieur sieht zwei Möglichkeiten, um die Widerstände anzuschliessen: seriell (**Abb. 2**) oder im Dreieck (**Abb. 3**) zu den Motorwicklungen. Berechne für beide Fälle den Betrag des Phasenstroms. (Hinweis: Stern-Dreieck-Umformungen). Welche Beschaltung ist sinnvoller?

Beim Betrieb fragt sich der (Maschinenbau- ;-) Ingenieur, wieso der Asynchronmotor eine konstante Leistung erbringt, wenn er doch an einem **Wechselstromsystem** betrieben wird.

9. Was ist der Grund dafür?