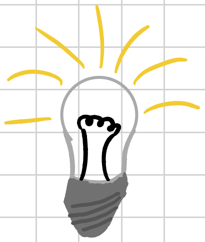
Übung 7

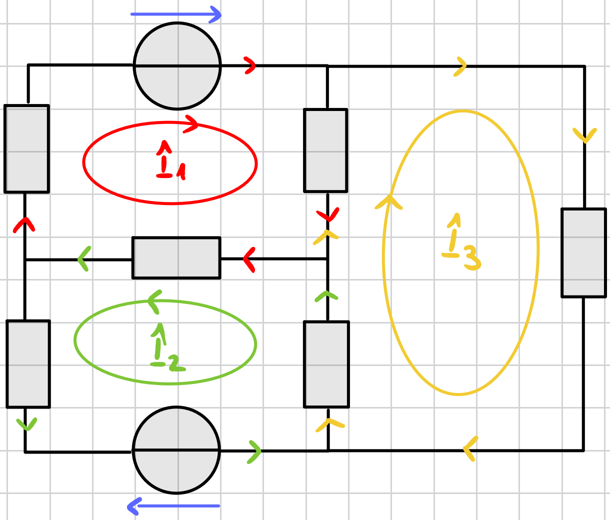
Rares Sahleanu

Maschenstromverfahren



Idee: Wir "erfinden" einfach beliebige Ströme die sich in einer Masche drehen und berechnen ihre Werte so, dass "alles passt"
↳ Maschengleichung, Knotengleichung

1. Also zuerst Maschenströme erfinden:

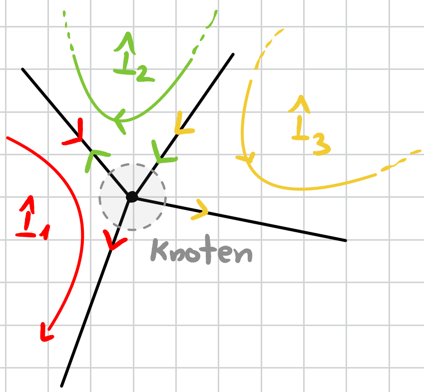


- Richtungen ⇒ egal
- Beträge ⇒ unbekannt & zu bestimmen

⇒ Vorerst konzentrieren wir uns nicht darauf wieviele oder wo wir die Ströme erfinden. Das Verfahren wird später erklärl

2. Als nächstes auf Knotengleichungen prüfen

⇒ Welche Bedingungen müssen die Ströme erfüllen, dass die Knotengleichungen passen?

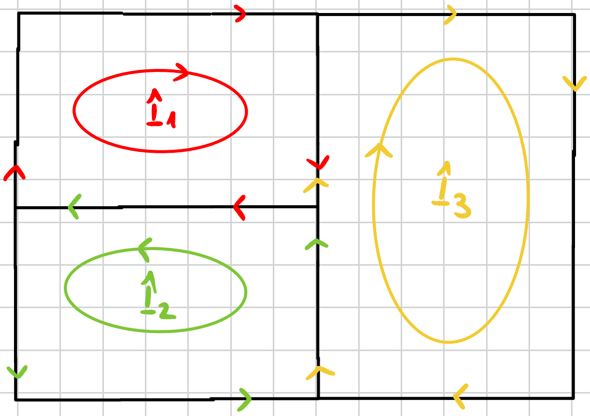


Durch die Annahme dass Maschströme sich im "Kreis drehen", sind die Knotengleichungen automatisch erfüllt!

Knoten: $\hat{I}_1 - \hat{I}_1 + \hat{I}_2 - \hat{I}_2 + \hat{I}_3 - \hat{I}_3 = 0$

2. Als nächstes auf Maschengleichungen prüfen

⇒ Welche Bedingungen müssen die Ströme erfüllen, dass die Maschengleichungen passen?



⇒ Maschengleichungen müssen stimmen

⇒ Maschengleichungen aufstellen!

Wie?

→ Vollständiger Baum

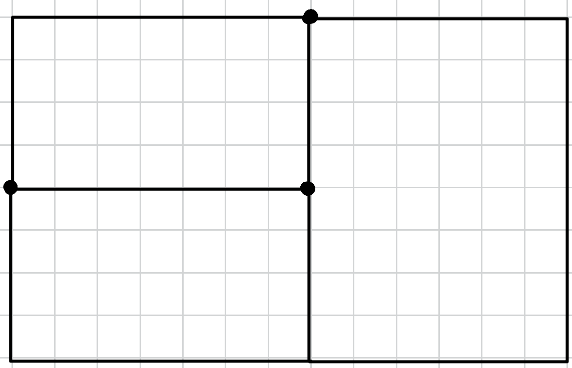
→ Auftrennen der Maschen

Wait a minute! Wenn es doch beliebig ist wie & wo ich die Maschenströme erfinde kann ich nicht zuerst die Maschenumläufe für die Maschengleichungen bestimmen und die Ströme entlang derer legen?

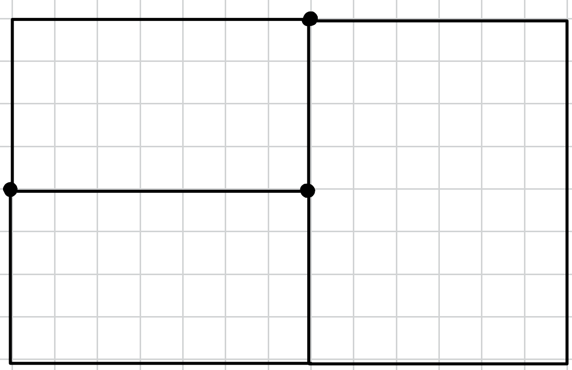
⇒ Ja! und es vereinfacht die Rechnung

+ |MS| = |MGl.| ⇒ Lösbar

Bei unsem Beispiel: (Auftrennen der Maschen)



← Wichtig für Später: Stromquellen sind Leerläufe

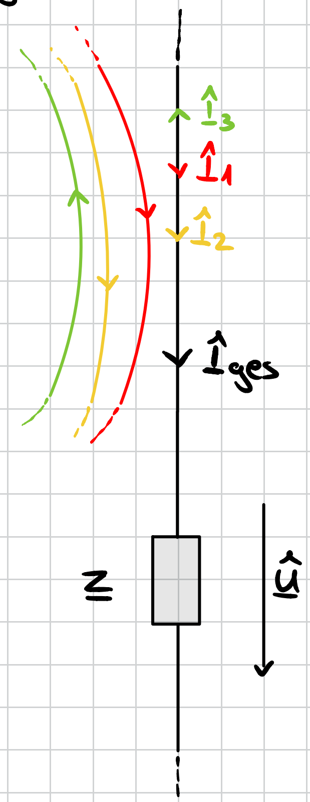


Jst das die minimale Anzahl an Gleichungen/Strömen?

Endergebnis:

$$\text{Maschengleichungen}\left\{\begin{bmatrix} & & \\ & \underline{A} & \\ & & \end{bmatrix} \times \overset{\text{MS}}{\overbrace{\begin{bmatrix} \\ \underline{I} \\ \\ \end{bmatrix}}} = \begin{bmatrix} \\ \underline{U} \\ \\ \end{bmatrix}\right.$$

Falls man den Strom in einem Zweig braucht, so muss nur die Superposition der jeweiligen Maschenströme bestimmen:

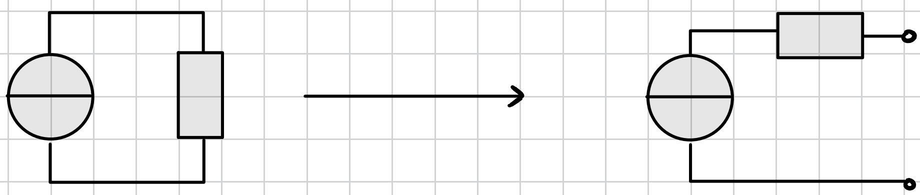


$$\hat{\underline{I}}_{ges} = +\hat{\underline{I}}_1 + \hat{\underline{I}}_2 - \hat{\underline{I}}_3$$

$$\hat{\underline{U}} = \underline{Z}\,\hat{\underline{I}}_{ges}$$
$$= +\underline{Z}\,\hat{\underline{I}}_1 + \underline{Z}\,\hat{\underline{I}}_2 - \underline{Z}\,\hat{\underline{I}}_3$$

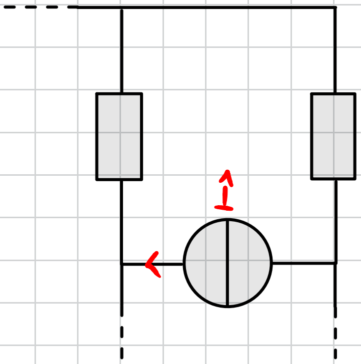
Man definiert dass $\hat{\underline{I}}_q$ durch eine beliebige Masche läuft und die MS werden sich dem umstellen... EMPFOHLEN!

I Was tun bei Stromquellen? Umwandeln! oder Stromquellenmasche

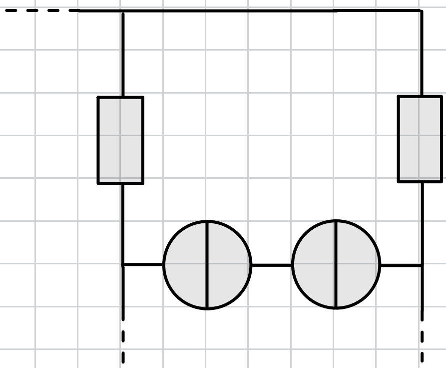


Was wenn das nicht geht? → Auftrennen der Quelle

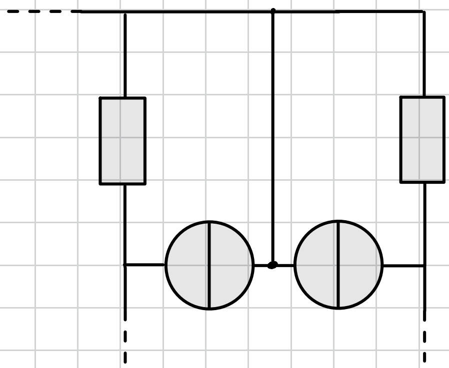
Beispiel:



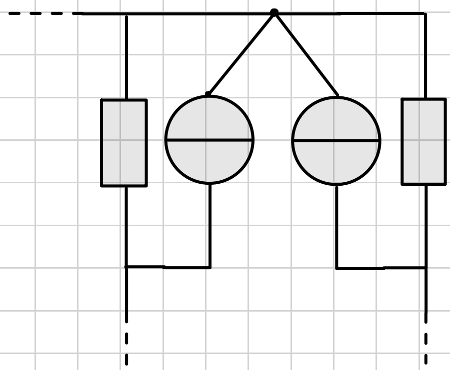
Ändert das was ?



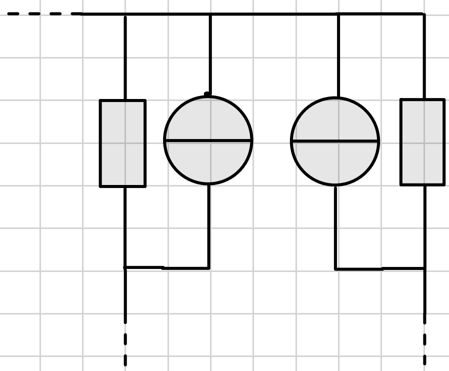
Ändert das was ?



Ändert das was ?

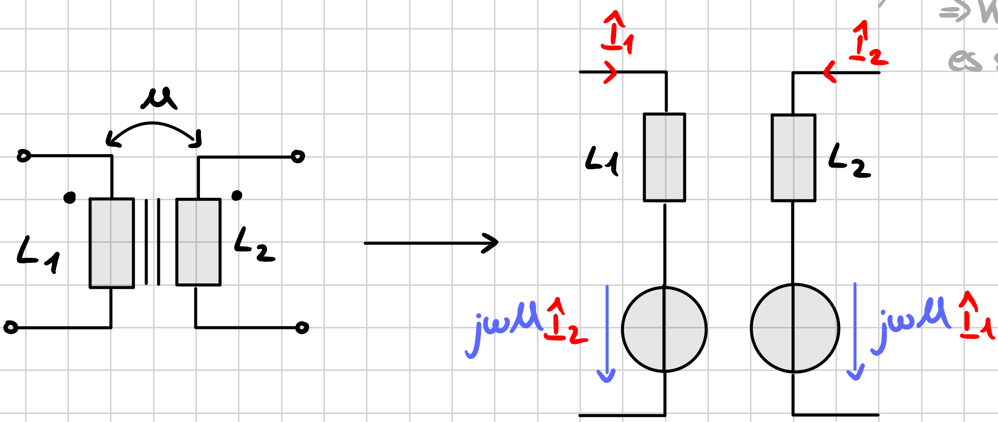


Ändert das was ?



II Was tun bei einem Transformator?

Achtung! das ist der Gesamtstrom
⇒ Wie macht mas es sich am einfachsten?

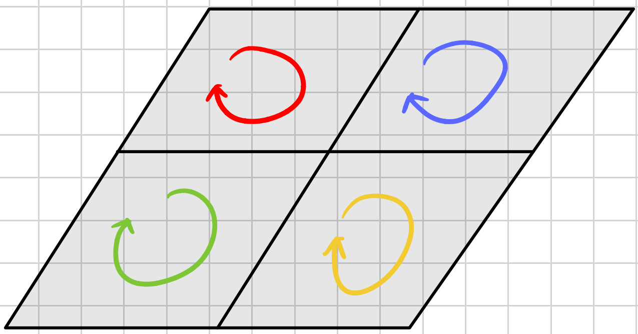


⇒ Beim Maschengleichungen aufstellen: Aufgespaltenes Netzwerk als 2 separate Netwerke behandeln!

↳ in Matrix A die Formel für Spannungen einsetzen

III Was tun bei einem ebenen Netzwerk?

Auftrennen der Maschen skippen ⟶ Elementarmaschen nutzen!



Definition ebenes Netzwerk:

"es schneiden sich keine Drähte"

Teil 2 Maschenstromverfahren (22 Punkte=18%)

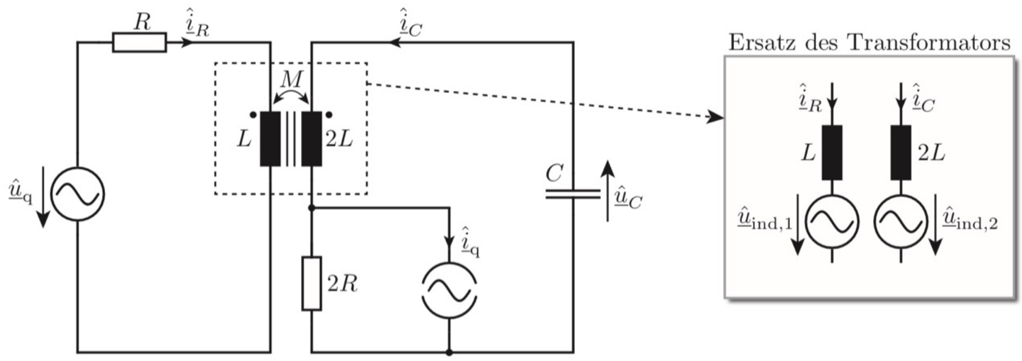


Abbildung 3: Netzwerk mit der Spannungsquelle $\underline{\hat{u}}_\mathrm{q}$, der Stromquelle $\underline{\hat{i}}_\mathrm{q}$ und einem Transformator.

Das in Abbildung 3 gezeigte Netzwerk enthält eine Spannungsquelle $\underline{\hat{u}}_\mathrm{q}$, eine Stromquelle $\underline{\hat{i}}_\mathrm{q}$, die Widerstände R und $2R$, die Kapazität C sowie einen Transformator. Der Transformator kann wie gezeigt durch ein Ersatzschaltbild mit den Selbstinduktivitäten L und $2L$ sowie den induzierten Spannungen $\underline{\hat{u}}_{\mathrm{ind},1}$ und $\underline{\hat{u}}_{\mathrm{ind},2}$ beschrieben werden. Die Kopplungsinduktivität beträgt $M = 1.5L$. Die induzierten Spannungen werden durch zwei stromgesteuerte Spannungsquellen modelliert und sind gegeben durch

$$\underline{\hat{u}}_{\mathrm{ind},1} = \mathrm{j}\omega 1.5L\underline{\hat{i}}_C$$
$$\underline{\hat{u}}_{\mathrm{ind},2} = \mathrm{j}\omega 1.5L\underline{\hat{i}}_R$$

Das Netzwerk befindet sich im eingeschwungenen Zustand und soll im Folgenden mittels dem Maschenstromverfahren berechnet werden.

a.) Wie viele unabhängige Maschen gibt es im Netzwerk? Nennen Sie zwei Methoden zur Berücksichtigung der Stromquelle $\underline{\hat{i}}_\mathrm{q}$ im Maschenstromverfahren. Wählen Sie eine davon aus und zeichnen Sie alle notwendigen Maschenströme in das Netzwerk ein. (Falls erforderlich, zeichnen Sie das resultierende Netzwerk neu.)

a.) Wie viele unabhängige Maschen gibt es im Netzwerk? Nennen Sie zwei Methoden zur Berücksichtigung der Stromquelle $\hat{\underline{i}}_\mathrm{q}$ im Maschenstromverfahren. Wählen Sie eine davon aus und zeichnen Sie alle notwendigen Maschenströme in das Netzwerk ein. (Falls erforderlich, zeichnen Sie das resultierende Netzwerk neu.)

c.) Ermitteln Sie mit Hilfe der Maschengleichungen einen analytischen Ausdruck für den Zweigstrom $\hat{\underline{i}}_C$. Schreiben Sie den resultierenden Ausdruck in der Form $\hat{\underline{i}}_C = k_1\hat{\underline{u}}_\mathrm{q} + k_2\hat{\underline{i}}_\mathrm{q}$ mit $k_1, k_2 \in \mathbb{C}$. Die Konstanten k_1 und k_2 dürfen keine Doppelbrüche enthalten.

Teil 2 Maschenstromverfahren (18 Punkte = 20%)

Die beiden Aufgaben 2A und 2B können unabhängig voneinander gelöst werden.

Aufgabe 2A Netzwerksumformung (7 Punkte)

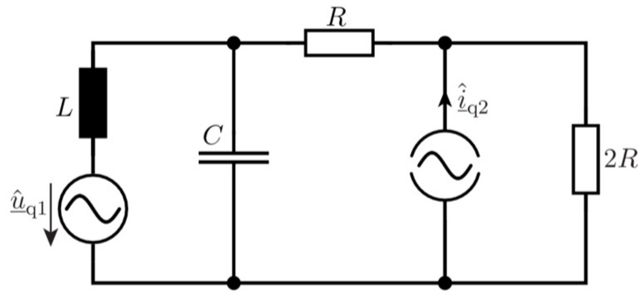


Abbildung 2: Netzwerk A.

a) Wandeln Sie die Stromquelle $\hat{\underline{i}}_{q2}$ und den Widerstand $2R$ in eine äquivalente Spannungsquelle um. Zeichnen Sie dazu das Schaltbild der äquivalenten Spannungsquelle und geben Sie alle darin auftretenden Grössen an.

b) Handelt es sich bei Netzwerk A um ein *ebenes Netzwerk*? Begründen Sie. Zeichnen Sie im Netzwerk alle *unabhängigen* Maschenumläufe ein.

c) Welche *zwei* Methoden zur Berücksichtigung der Stromquelle $\hat{\underline{i}}_{q2}$ im Maschenstromverfahren kennen Sie?

Aufgabe 2B Netzwerkberechnung (11 Punkte)

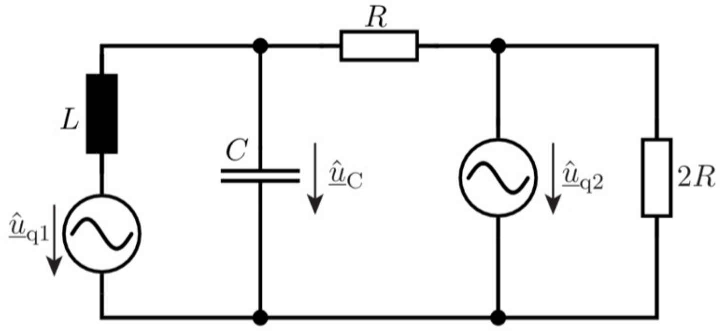


Abbildung 3: Netzwerk B.

d) Zeichnen Sie in Netzwerk B alle für das Aufstellen der Maschengleichungen notwendigen Maschenströme ein.

e) Stellen Sie die Maschengleichungen in Abhängigkeit der Maschenströme auf.

Die Spannungsquelle $\underline{\hat{u}}_{\mathrm{q}2}$ wird nun durch die Kondensatorspannung $\underline{\hat{u}}_C$ gesteuert. Es gilt $\underline{\hat{u}}_{\mathrm{q}2} = K\underline{\hat{u}}_C$ mit der Konstante K.

f) Wie lauten die neuen Maschengleichungen in Abhängigkeit der Maschenströme?