

# Übung 8

Rares Sahleanu



# Line der Woche



"Asozialer Araber" - Samra:

... S-klassen präsent...

... Sechsfaches...

... Hermestaschen und Trends...

... Festplatten zum Brenn'n...

... Drecksratten und Shem...

... Brecheisen und Colt ... Besetzt-Zeichen und Gold...

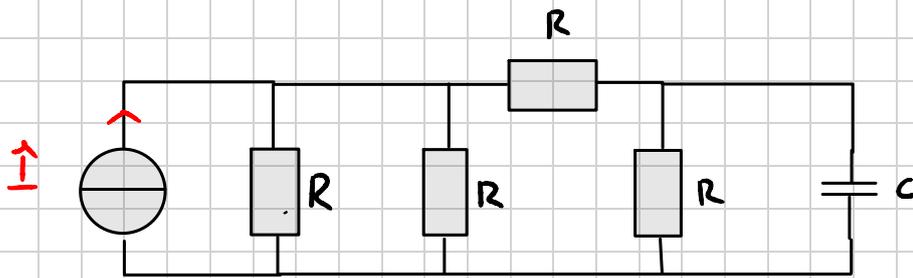
... Flexsteinen im Golf ... Geschäftszeiten gezollt ...



Danke für  
10k-Seitenauf-  
rufen !

Nr.	Inhalt der Übung	Besprechung
U-01	Effektiv/Gleichrichtwert	21.2.
U-02	Komplexe Wechselstromrechnung – Impedanzen & Zeigerdiagramme	28.2.
U-03	Komplexe Wechselstromrechnung – Filter/Resonanzkreis	07.3.
U-04	Übertragungsfunktion, Schwingkreis & Bodeplot	14.3.
U-05	Leistungsanpassung, Blindleistung & Dreiphasensystem	21.3.
U-06	Superposition / Impedanztransformation	28.3.
U-07	Maschenstromverfahren	04.4.
U-08	Knotenpotentialverfahren Karfreitag / Osterferien	11.4.
U-09	Überlagerungsprinzip / Fourierreihen (Harmonische Analyse)	02.5
U-10	Schaltvorgänge in RCL-Netzwerken	09.5.
U-11	Netzwerksberechnung mit Laplace-Transformation	16.5.
U-12	Laplace-Transformation & Übertragungsfunktion & Bodeplot	23.5.
U-13	Operationsverstärkerschaltungen	30.5.

# Knotenpotentialverfahren

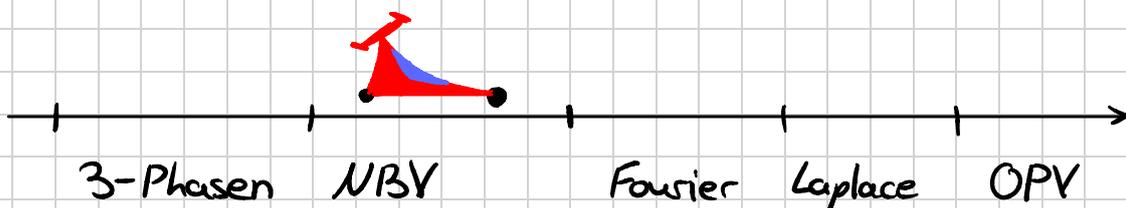


Wieviele Gleichungen benötigen wir für mit dem Maschenstromverfahren? 4

Beim Maschenstromverfahren haben wir virtuelle Ströme, sodass die automatisch die Knotengleichungen erfüllen, erfunden und haben daraus die Spannungen bestimmt  
Geht das auch mit:

virtuelle Ströme → virtuelle Spannungen  
Knotengleichungen → Maschengleichungen  
Spannungen → Ströme

Ja! : Knotenpotentialverfahren



# Kochrezept

0. Netzwerk platonisch vereinfachen

⇒ seriell, parallel etc.

1. Transformatoren in **Ersatzschaltbilder** umwandeln



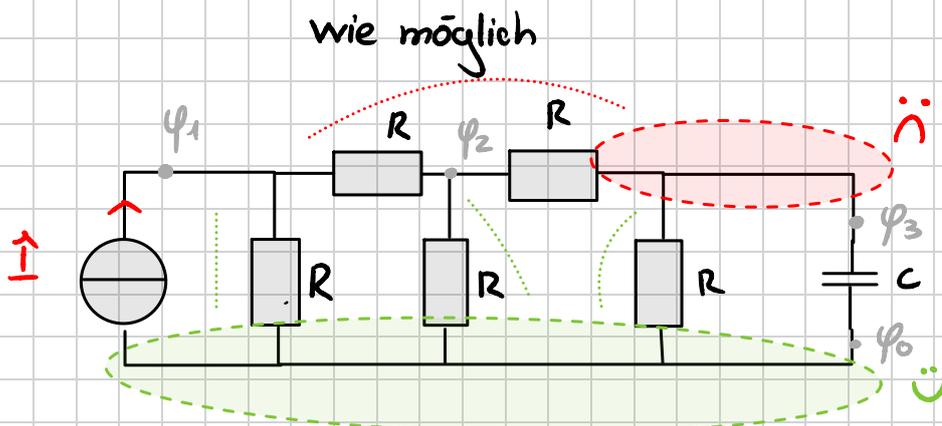
$$Y_1 = \frac{L_2}{j\omega(L_1L_2 - M^2)}$$

$$Y_2 = \frac{L_1}{j\omega(L_1L_2 - M^2)}$$

$$Y_\mu = \frac{-M}{j\omega(L_1L_2 - M^2)}$$

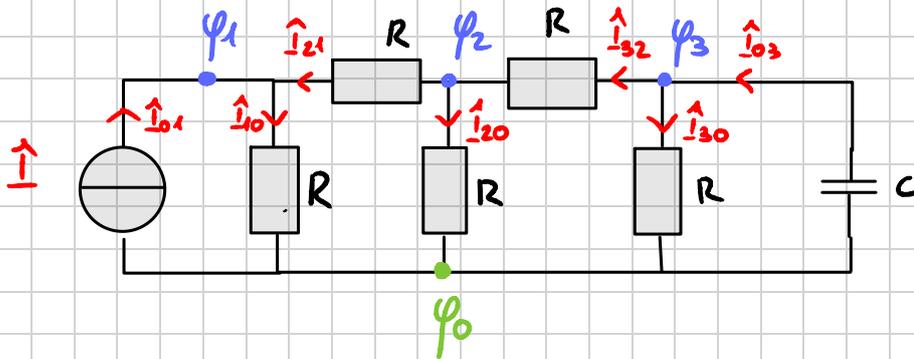
1. **Bezugsknoten** festlegen

⇒ **eigentlich** willkürlich, aber bestenfalls **so nahe** wie möglich an **allen** anderen Knoten



# 1. **Strome** & **Potentiale** festlegen

Wichtig ist nicht die **Richtung** & **Name**, sondern dass man **konsistent** bleibt!



## 1. **Spannungsquellen** behandeln

⇒ Siehe später

## 2. **Knotengleichungen** aufstellen ggf. mit Superknoten

⇒ erstmal nur mit **Platzhaltern**  $\varphi_{ij}$  aufstellen

Beispiel mit  $\varphi_2$  &  $\varphi_1$ :

$$K_{\varphi_1}: + \hat{I}_{10} - \hat{I}_{01} + \hat{I}_{21} = 0$$

$$K_{\varphi_2}: + \hat{I}_{32} - \hat{I}_{21} - \hat{I}_{20} = 0$$

## 3. **Platzhalter** einsetzen & in LGS-Form bringen

Die Form sollte ungefähr sein:

$$-\frac{1}{R}(\varphi_1 - \varphi_2) - \frac{1}{R}(\varphi_2 - \varphi_0) + \frac{1}{R}(\varphi_3 - \varphi_2) = 0$$

Umformen zu:  $\underline{\hspace{2cm}} \varphi_1 + \underline{\hspace{2cm}} \varphi_2 + \underline{\hspace{2cm}} \varphi_3 = 0$

## 4. LGS lösen

Taschenrechner!

### Beispiel: Probeklausur 4

#### Teil 2 Knotenpotentialverfahren (21 Punkte=18%)

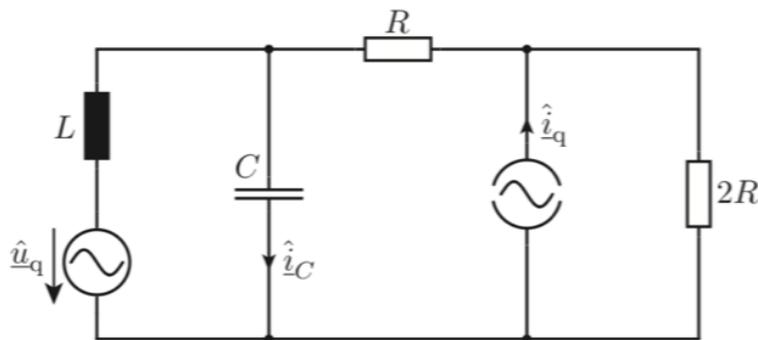


Abbildung 3: Netzwerk mit der Spannungsquelle  $\hat{u}_q$  und der Stromquelle  $\hat{i}_q$ .

Das in Abbildung 3 gezeigte Netzwerk enthält eine Spannungsquelle  $\hat{u}_q$ , eine Stromquelle  $\hat{i}_q$ , Widerstände  $R$  und  $2R$ , eine Kapazität  $C$  sowie eine Induktivität  $L$ . Die beiden Quellen sind sinusförmig und weisen die gleiche Frequenz  $f$  auf. Das Netzwerk befindet sich im eingeschwungenen Zustand. Im Folgenden soll der eingezeichnete Zweigstrom  $\hat{i}_C$  mit Hilfe des Knotenpotentialverfahrens berechnet werden.

- Wandeln Sie die Spannungsquelle in eine äquivalente Stromquelle um und zeichnen Sie das resultierende Netzwerk neu.
- Zeichnen Sie alle notwendigen Knotenspannungen im Netzwerk ein.
- Stellen Sie die Knotengleichungen in Abhängigkeit der Knotenspannungen sowie der bekannten Größen  $\hat{u}_q$ ,  $\hat{i}_q$ ,  $R$ ,  $L$ ,  $C$  und  $f$  auf.
- Ermitteln Sie mit Hilfe der Knotengleichungen einen analytischen Ausdruck für den Zweigstrom  $\hat{i}_C$ . Schreiben Sie den resultierenden Ausdruck in der Form  $\hat{i}_C = k_1 \hat{u}_q + k_2 \hat{i}_q$  mit den komplexen Konstanten  $k_1, k_2 \in \mathbb{C}$ .

In den folgenden beiden Teilaufgaben wird die Stromquelle  $\hat{i}_q$  durch den Strom  $\hat{i}_C$  gesteuert. Es gilt die Steuergleichung  $\hat{i}_q = \beta \hat{i}_C$  mit der komplexen Konstanten  $\beta \in \mathbb{C}$ .

- Wie ist  $\beta$  in Abhängigkeit von  $k_1$ ,  $k_2$  und  $R$  zu wählen, damit  $\hat{i}_C = \hat{u}_q/R$  gilt?
- Ist die neue Knotenadmittanzmatrix symmetrisch? Argumentieren Sie.

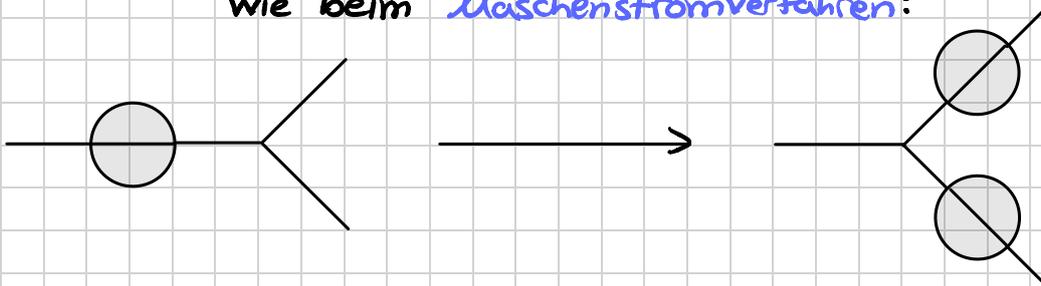
Wie **behandelt** man nun **Spannungsquellen**?

Option 1: **Quellenwandlung**

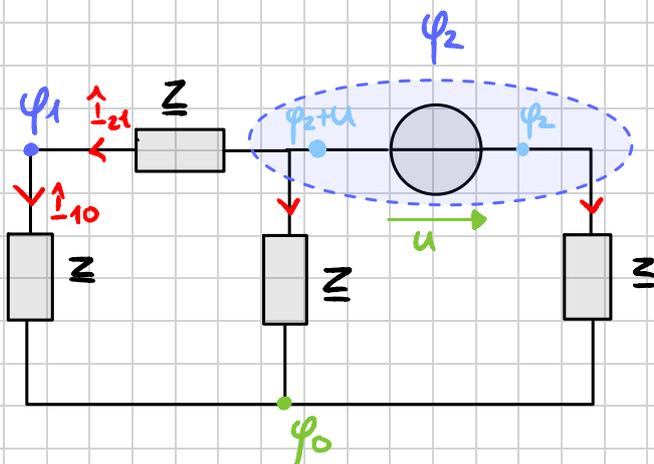


Wenn es nicht klappt gibt es ein ähnlichen **Trick**

wie beim **Maschenstromverfahren**:



Option 2: **Superknoten** (empfohlen) 🐾



Gleichungen:

$$1: -\hat{i}_{10} + \hat{i}_{21} = 0$$

$$2: -\hat{i}_{20}' - \hat{i}_{20} - \hat{i}_{21} = 0$$

Nachdem wir Die **Spannungsquelle** als eigenen Knoten definiert haben stellen wir die **Knotengleichungen** auf unter **Berücksichtigung** der Potentialdifferenz der beiden Enden

$$1: -\frac{1}{Z}(\varphi_2 - \varphi_1) + \frac{1}{Z}(\varphi_2 - \varphi_0) = 0$$

$$2: -\frac{1}{Z}(\varphi_2 + u - \varphi_0) - \frac{1}{Z}(\varphi_2 - \varphi_0) - \frac{1}{Z}(\varphi_2 + u - \varphi_1) = 0$$

## Beispiel: Probeklausur 2

### Teil 2 Knotenpotentialverfahren (18 Punkte = 16%)

Der Transformator im Netzwerk in Abbildung 3 besitzt die Selbstinduktivitäten  $L_1$  und  $L_2$  sowie die Kopplungsinduktivität  $M$ . Das Netzwerk wird durch die unabhängige Spannungsquelle  $\hat{u}_q$  angeregt und befindet sich im eingeschwungenen Zustand.

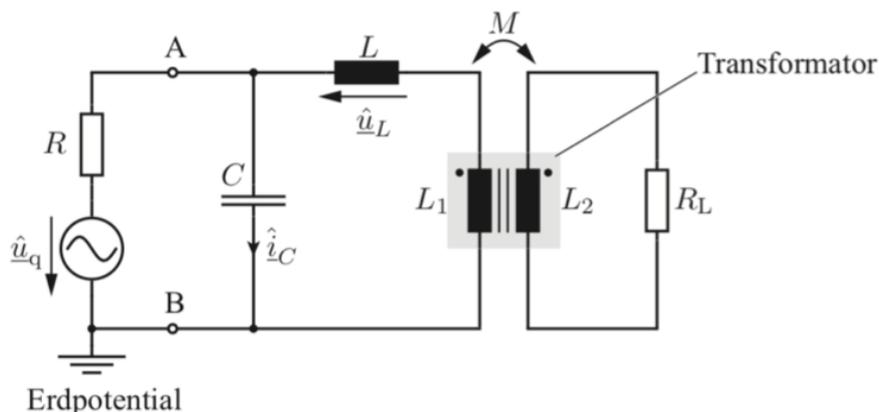


Abbildung 3: Netzwerk, das mittels Knotenpotentialverfahren analysiert werden soll.

- Wandeln Sie  $\hat{u}_q$  in eine bezüglich der Klemmen A und B äquivalente Stromquelle um. Zeichnen Sie dazu das Schaltbild der äquivalenten Stromquelle und geben Sie alle darin auftretenden Größen an.
- Ersetzen Sie den Transformator durch ein auf Stromquellen basierendes Ersatzschaltbild und zeichnen Sie das Netzwerk neu. Ermitteln Sie die Parameter der Transformatorersatzschaltung in Abhängigkeit von  $L_1$ ,  $L_2$  und  $M$ .
- Zeichnen Sie alle für das Aufstellen der Knotengleichungen notwendigen Knotenspannungen in das in Teilaufgabe b) neu gezeichnete Ersatzschaltbild ein. Verwenden Sie das Erddpotential als Referenzpotential.
- Stellen Sie die Knotengleichungen in Abhängigkeit der Knotenspannungen auf.
- Berechnen Sie die im Lastwiderstand  $R_L$  umgesetzte mittlere Verlustleistung in Abhängigkeit der Knotenspannungen.

Für die beiden folgenden Teilaufgaben wird  $\hat{u}_q$  durch eine gesteuerte Quelle ersetzt. Es gilt nun  $\hat{u}_q = \alpha \hat{u}_L + \beta \hat{i}_C$  mit der Spulenspannung  $\hat{u}_L$ , dem Kondensatorstrom  $\hat{i}_C$  und den komplexen Konstanten  $\alpha, \beta$ .

- Wie lauten die neuen Knotengleichungen in Abhängigkeit der Knotenspannungen?
- Wie gross ist nun die mittlere Verlustleistung in  $R_L$ ?