

ÜBUNG 01

23.02.2024- LINA DE WINDT

Alle Unterlagen auf n.ethz.ch/~ldewindt

Themen von heute:

1. Organisatorisches
2. Recap der Theorie von dieser Woche
 - 2.1 Grundbegriffe Wechselgrößen
 - 2.2 Grundlagen Zeigerdiagramm
3. Beispielaufgaben
4. Vorbesprechung der Serie 1

1. Organisatorisches

Über mich: Name: Lina De Windt
Kontakt: ldewindt@ethz.ch
Studium: ITET 8. Semester
Hobbies : Tanzen, Yoga, Swissloop



Übungsplan

Übungsstunde (Freitag 10-12 Uhr):

1. Zusammenfassung der relevanten Theorie
2. Beispielaufgaben
3. Zeit für individuelle Fragen/individuelles Arbeiten

Die Übungsaufgaben können in Moodle abgegeben werden

Der Übungsplan kann im Moodle angesehen werden

Prüfung

Zweigeteilte Prüfung:

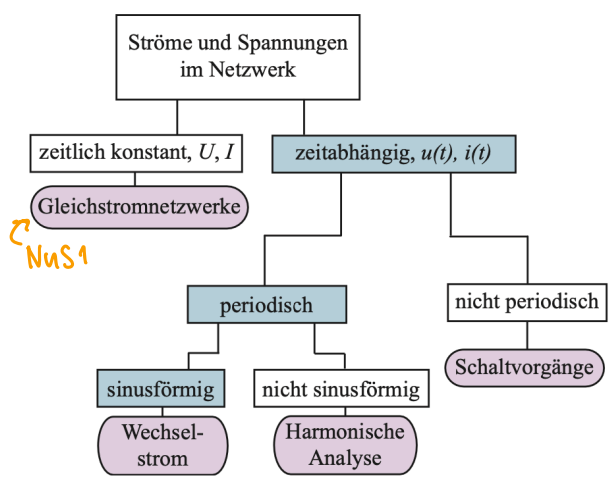
- **Aufgaben wie in den Übungsreihen**
 - Zusätzliches Übungsmaterial auf Moodle
- **Multiple-Choice Aufgaben**
 - Zu jeder Übungsreihe ein Multiple-Choice Quiz auf Moodle
 - Empfehlung: Multiple-Choice Quiz während dem Semester schon lösen und Fragen in der Übungsstunde und der Präsenztunde stellen!
- **Erlaubte Taschenrechner** → investiert in einen guten TR !!
 - <https://www.hpe.ee.ethz.ch/en/hpe/education/courses/networks-schaltungen-ii.html>
- **Nur die offizielle Zusammenfassung ist erlaubt**
 - Daher am besten schon jetzt verwenden!
 - Änderungsvorschläge können per Email gestellt werden
 - Updates sind während dem Semester möglich

Simulationen

- Die Aufgaben sind in Moodle als Simulationsmodelle verfügbar
- Auf Moodle ist Lizenz für PLECS-Simulationssoftware verfügbar
- Simulationsaufgaben nicht Teil der Übungen und nicht klausurrelevant

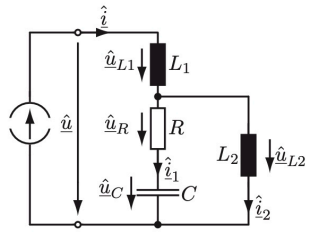
Um was geht es in NuS2 in a Nutshell?

=> Netzwerke & Schaltungen berechnen ;)



bzw. wir werden verschiedene Methoden & Techniken lernen um Berechnungen von komplexen Netzwerken mit Wechselgrößen machen zu können.

z.B.



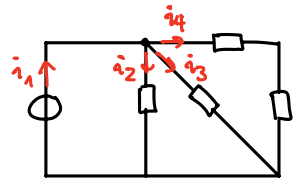
$\hat{u}_C$?
 $u_C(t)$?

Abbildung 1: Netzwerk mit Sinusstromquelle

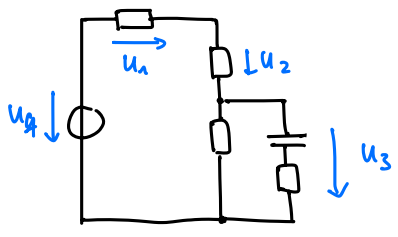
Supernichtiges aus NuS1:

- Die 2 Kirchhoffschen Regeln:

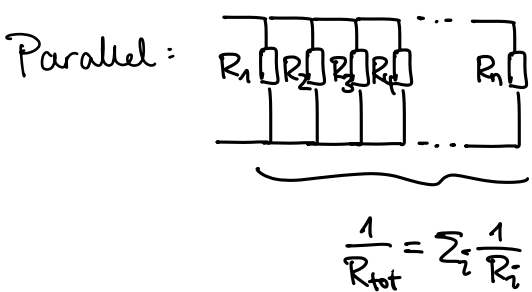
Knotenregel: Die Summe aller Ströme an einem Knoten ist gleich Null.



Maschenregel: Die Summe der Spannungen in einer Masche ist gleich Null.



- Widerstand: In Serie: $R_1, R_2, \dots, R_n$
 $R_{tot} = \sum_i R_i$



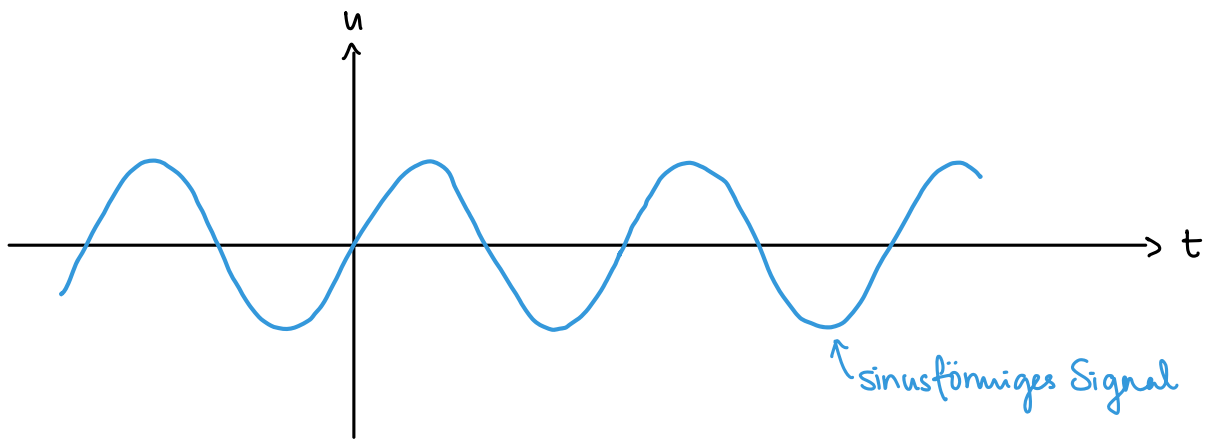
=> gleich für Induktivitäten.

=> "umgekehrt" für Kapazitäten:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Serie: } \frac{1}{C_{tot}} = \sum_i \frac{1}{C_i} \\ \text{Parallel: } C_{tot} = \sum_i C_i \end{array} \right.$$

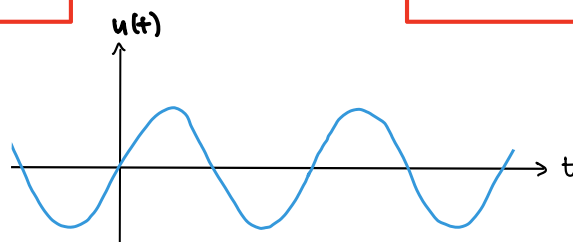
2. Recap der Theorie aus der Vorlesung

2.1 Grundbegriffe Wechselgrößen:



- $\hat{u}$
- T
- f
- ω

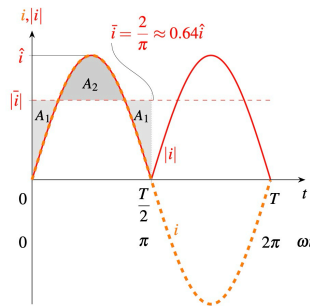
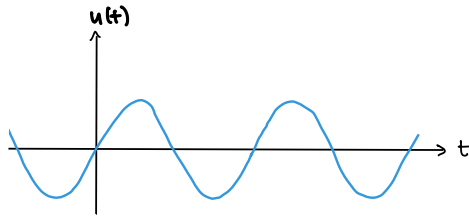
• Mittelwert:



↳ Mittelwert $= 0$:

↳ Mittelwert $\neq 0$:

- **Gleichrichtwert** = zeitlicher Mittelwert des der Wechselgrösse.



- **Effektivwert**



bzw.



Sehr wichtige Grösse !

Beschreibt die mittleren Verluste, die eine zeitabhängige Grösse in einem Widerstand hervorruft.

Definition: Erzeugt ein periodisch zeitabhängiger Strom in einem Widerstand im Mittel die gleiche Wärmeleistung/Verluste wie ein Gleichstrom, so ist der Effektivwert des Stromes gleich dem Wert dieses Gleichstromes

d.h. Ist über die mittlere Leistung definiert !

d.h. Bei der Berechnung der verwendet man den Effektivwert !



mit $\hat{u} = \sqrt{2} \cdot U$, da ...

... Für ein sinusförmiges Signal:

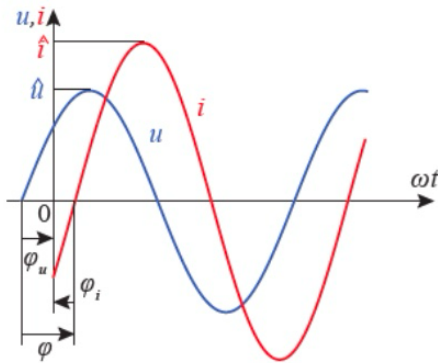


bzw.

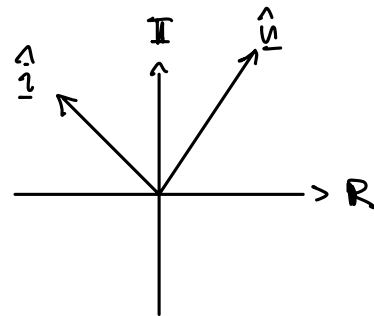


↳ sehr wichtig für uns, da wir allermeistens sinusförmige Signale haben werden.

- Phasenverschiebung:



Im Zeigerdiagramm:



- Überblick der Größen: (Analog für Strom i !)

$u(t)$ Zeitsignal

$$u(t) = \operatorname{Re} \{ \hat{u} e^{j\omega t} e^{j\varphi_u} \} = \hat{u} \cos(\omega t + \varphi_u)$$

$\hat{u}$ Spitzenwert

Max. von Signal

$\bar{u}$ Mittelwert

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(t) dt$$

$|\bar{u}|$ Gleichrichtwert

$$|\bar{u}| = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} |u(t)| dt$$

U Effektivwert

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(t)^2 dt}$$

sinusförmig: $U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$

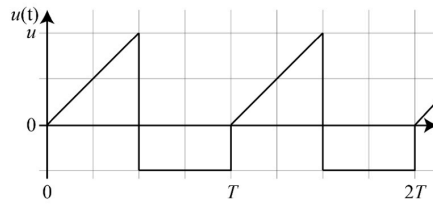
$\underline{\hat{u}}$ Komplexer Zeiger

$$\underline{\hat{u}} = \hat{u} e^{j\varphi_u}$$

Beispielaufgabe 1

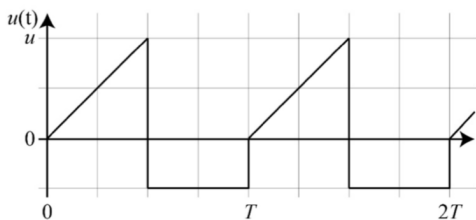
Bestimmen Sie für die gezeigte Spannung

- Mittelwert $\bar{u}$
- Gleichrichtwert $|\bar{u}|$
- Effektivwert U
- Spitze-Spitze-Wert u_{ss}



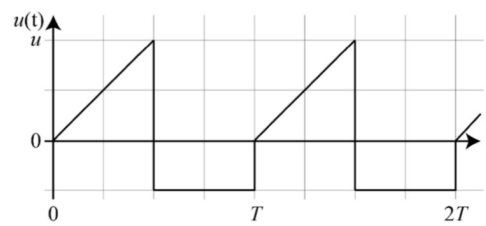
1. Schritt:

Mittelwert $\bar{u}$:

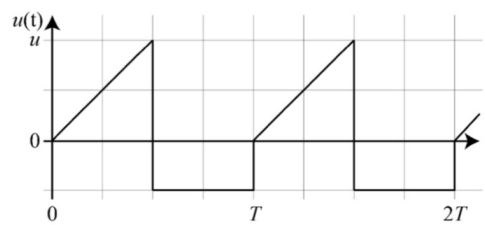


Gleichrichtwert:

Effektivwert U :



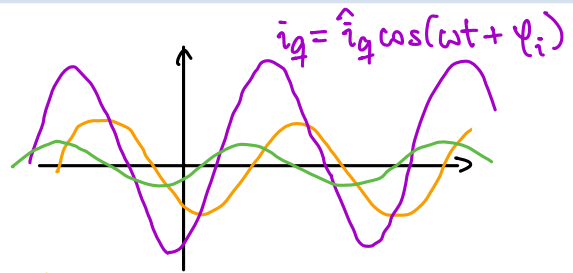
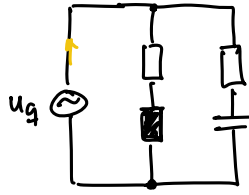
Spitze-Spitze Wert



2.2 Grundlagen Zeigerdiagramm

Grundidee:

erweitern in



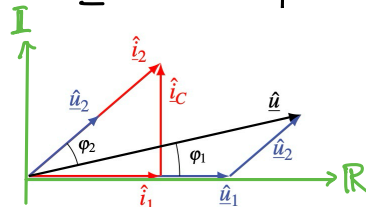
↳ kompliziert, Trigonles mühsam!

→ betrachten NW im stationären Zustand.

Verbindung zu vorher:
 $i(t) = \text{Re} \{ \hat{i} e^{j\varphi_i} e^{j\omega t} \}$

↳ Zeit ist "fixiert"
(Zeitabhängiger Teil beschreibt nur die Rotation des Zeigers
⇒ weglassen)

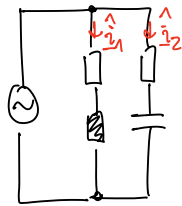
$$\underline{\hat{u}} = \hat{u} e^{j\varphi_u} ; \quad \underline{\hat{i}} = \hat{i} e^{j\varphi_i}$$



⇒ Vektoralgebra ✓

⇒ sind im komplexen Raum!

→ NW komplett mit Zeigern analysieren.



gesuchte Größen mit komplexe Wechselstromrechnung (d.h. mit den Zeigern) berechnen
(einfacher! :))

nächste Woche genauer :)

Am Schluss kann man rücktransformieren, um die dazugehörigen Zeitsignale zu erhalten:
 $u(t) = \text{Re} \{ \underline{\hat{u}} \} = \text{Re} \{ \hat{u} e^{j\varphi_u} e^{j\omega t} \} = |\underline{\hat{u}}| \cos(\omega t + \arg(\underline{\hat{u}}))$

⊗ Ziel diese Woche: Zeiger & Zeigerdiagramm verstehen.

Komplexe Zahlen in NuS2: Unterstrich (u, i, ...) bedeutet komplexe Zahl (bzw. Zeiger)!

Imaginäre Zahl: j (in MATH i , in ITET j)

Eine komplexe Zahl: (kartesisch bzw. Normalform)

Dessen Konjugierte:

Dessen Realteil:

Dessen Imaginärteil:

Dessen Betrag:

Komplexer Raum:

Eigenschaften:

$$\bullet \underline{z}_1 \pm \underline{z}_2 = \operatorname{Re}\{\underline{z}_1\} \pm \operatorname{Re}\{\underline{z}_2\} + j(\operatorname{Im}\{\underline{z}_1\} \pm \operatorname{Im}\{\underline{z}_2\})$$

$$\bullet |\underline{z}|^2 = \underline{z}^* \cdot \underline{z}$$

$$\bullet \operatorname{Re}\{\underline{z}\} = \frac{1}{2}(\underline{z} + \underline{z}^*)$$

$$\bullet \operatorname{Im}\{\underline{z}\} = \frac{1}{2j}(\underline{z} - \underline{z}^*)$$

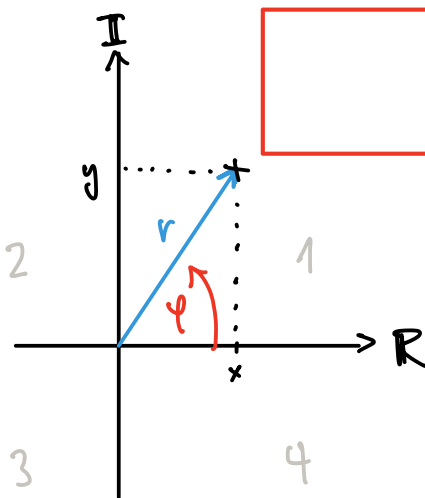
$$\bullet |\underline{z}_1 \cdot \underline{z}_2| = |\underline{z}_1| \cdot |\underline{z}_2|$$

$$\bullet |\underline{z}_1 + \underline{z}_2| \leq |\underline{z}_1| + |\underline{z}_2|$$

$$\bullet (\underline{z}_1 + \underline{z}_2)^* = \underline{z}_1^* + \underline{z}_2^*$$

$$\bullet (\underline{z}_1 \cdot \underline{z}_2)^* = \underline{z}_1^* \cdot \underline{z}_2^*$$

Die Polardarstellung



$$\Phi := \begin{cases} 1 & \text{im 2. Quadranten} \\ -1 & \text{im 3. Quadranten} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Eigenschaften:

$$\underline{z}^* = (e^{j\varphi})^* = e^{-j\varphi}$$

$$e^{2\pi j} = 1 = e^{-2\pi j}, \quad e^{\pi j} = -1$$

$$|\underline{z}| = e^{\operatorname{Re}\{\underline{z}\}}$$

$$(\underline{z})^* = \underline{z}^*$$

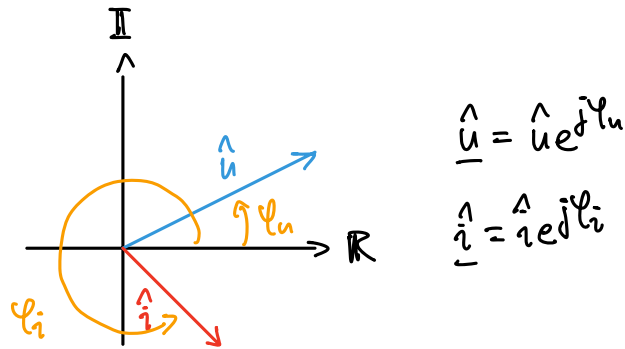
$$\cos(\varphi) = \frac{1}{2}(e^{j\varphi} + e^{-j\varphi})$$

$$\sin(\varphi) = \frac{1}{2j}(e^{j\varphi} - e^{-j\varphi})$$

Umwandlung ins kartesische:

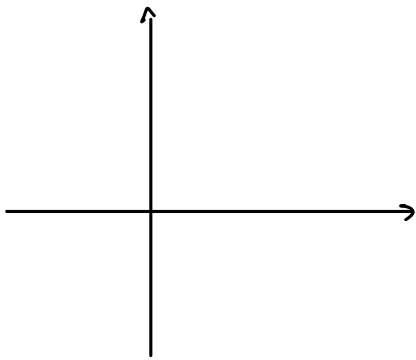
Das verwenden wir in NuSZ für unsere Zeigerdiagramme & komplexe Wechselstromberechnung.

"Zeiger" sind nichts anderes als ein Vektor im komplexen Raum (bzw. eine komplexe Zahl)



Zeigerdiagramme sind Diagramme von Strom- & Spannungszeiger eines NW in einem

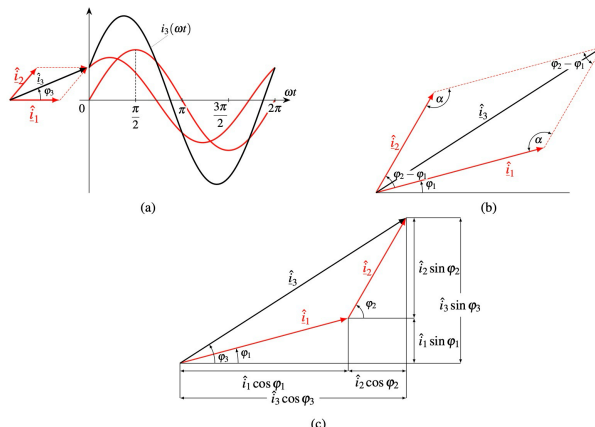
z.B.



Man zeichnet dann alle Spannungen & Ströme (bzw. die in der Aufgabe gefragt sind) in das Zeigerdiagramm ein. Dabei darf man die Zeiger wie graphisch addieren / subtrahieren / multiplizieren !

Mit dieser Methode können wir auch für komplexe NWe mit einer Wechselstrom / -spannungsquelle ziemlich einfach gesuchte Ströme / Spannungen berechnen ! :)

⚠ aufpassen, dass ihr den Taschenrechner richtig einstellt ! (sollte DEG sein bei Zeigerdiagramme zeichnen !)



=> Übungsaufgaben 2, 3 & 4 !

In a Nutshell:

Sinusförmiges Signal :

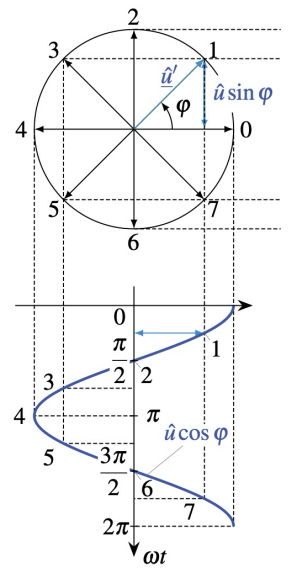


Zugehöriger rotierender Zeiger:



Zugehöriger (statischer) Zeiger :

Mit dem kann man komplexe MW-Berechnungen machen:



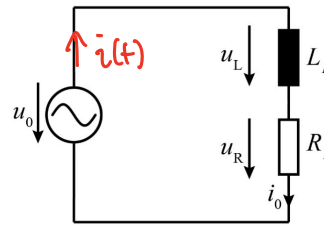
Am Schluss kann man rücktransformieren, um die dazugehörigen Zeitsignale zu erhalten:



Gegeben:

$$i(t) = \hat{i} \cos(\omega t), \hat{i} = 1\text{A}, \omega = 1000\text{Hz}, R = 2\Omega, L = 1\text{mH}$$

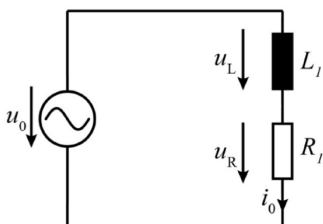
- 4) • Berechnen Sie im Zeitbereich $u_R(t)$ und $u_L(t)$
- 2) • Zeichnen Sie $\underline{\hat{u}}_L$, $\underline{\hat{u}}_R$ und $\underline{\hat{i}}$
- 3) • Zeichnen Sie $\underline{\hat{u}}_0$
- 4) • Ermitteln Sie $u_o(t = 0\text{s})$ und $i(t = 0\text{s})$
- 5) • Ermitteln Sie $u_o(t = T/8)$ und $i(t = T/8)$



1)

2)

3)



4)

5)



Nächste Woche: komplexe Wechselstromrechnung :)