Hochschule Düsseldorf
University of Applied Sciences

Fachbereich Elektro- und Informationstechnik
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology

Klausur Fach ABC (11031) WiSe 2024/25

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Beck/Prof. Dr.-Ing. M. Protogerakis

Termin: 24.01.2025 10:30 - 12:00

Auszufüllen durch den Kandidaten!

Familienname: .... **Matrikel-Nr.:** ....

Vorname: .... **Versuch-Nr.:** 1 2 3

Ich bestätige durch meine Unterschrift, dass ich die Klausurhinweise gelesen und verstanden habe und sie als Bestandteile der Prüfungsbedingungen anerkenne.

Unterschrift des Kandidaten: ....

Klausurergebnis

Aufgabe	1	$\sum$
Punkte	6	6
erreicht		

Klausurbewertung: .... **1. Prüfer** ....

Datum Klausureinsicht: .... **Unterschrift** ....

Hinweise zur Klausurdurchführung:

a) Die Bearbeitungszeit für die Klausuraufgaben beträgt 90 min.
b) Zugelassene Hilfsmittel sind Schreib- und Zeichenmaterial, nichtprogrammierbare Taschenrechner sowie **2 handgeschriebene DIN A4 Seiten**.
c) Sollten sich während der Klausurdurchführung andere als die genannten zulässigen Hilfsmittel in Reichweite des Kandidaten befinden, wird dies als Täuschungsversuch gewertet und die Klausur gilt als **nicht bestanden**. Dies umfasst - ohne Anspruch auf Vollständigkeit - insbesondere Bücher, Lehrunterlagen, Smartphones, Tablets und Laptops.
d) Prüfen Sie vor Beginn der Bearbeitung die Vollständigkeit des ausgehändigten Klausurexemplars. Es enthält inklusive Deckblatt insgesamt **1 Aufgaben auf 7 durchnummerierten Seiten**.
e) Zur Bearbeitung der Klausuraufgaben sind **dokumentenechte Schreiber** zu verwenden und es werden nur Lösungsteile, die mit dokumentenechten Schreibern verfasst wurden, bewertet. Entwürfe mit Bleistift sind zulässig, wenn anschließend dokumentenecht nachgezeichnet wird. Die Verwendung von Rotstiften ist nicht zulässig.
f) Die Bearbeitung der Klausuraufgaben erfolgt auf den im Klausurdokument enthaltenen Leerseiten. **Die Heftung des Klausurexemplars darf nicht gelöst werden**. Sollten Sie trotz der in ausreichender Zahl vorhandenen Leerblätter weitere Lösungsblätter benötigen, so sind diese beim Aufsichtspersonal anzufordern und der Klausur anzuheften. Jedes solche Blatt muss dann zusätzlich von Ihnen mit Namen und Matrikel-Nr. versehen werden. Markieren Sie bitte in eindeutiger Weise, auf welcher Seite die Lösung fortgeführt wird, und vermerken Sie bitte zusätzlich die Aufgabennummer, auf die Sie sich beziehen. **Nur geheftete Blätter werden bewertet.**
g) Sollten die Lösungsblätter mehrere alternative Lösungen zu einzelnen Aufgabenteilen enthalten, so wird die Lösung bewertet, die zur geringsten Punktzahl führt.
h) Während der Klausur darf jeweils nur ein Teilnehmer den Raum verlassen; sämtliche Klausurunterlagen müssen hierbei am Sitzplatz verbleiben.

Formelsammlung

Korrespondenztabelle Laplace-Transformation

$f(t)$ für $t \geq 0$ $f(t) = 0$ für $t < 0$	$F(s)$
$\delta(t)$	1
$\delta(t - T_t)$	e^{-sT_t}
$\sigma(t)$	$\frac{1}{s}$
t	$\frac{1}{s^2}$
$\frac{1}{2} \cdot t^2$	$\frac{1}{s^3}$
$\frac{1}{n!} \cdot t^n$	$\frac{1}{s^{n+1}}$
e^{at}	$\frac{1}{s-a}$
$\frac{1}{T} \cdot e^{-t/T}$	$\frac{1}{Ts+1}$
$1 - e^{-t/T}$	$\frac{1}{s \cdot (Ts+1)}$
$\frac{1}{T} \cdot \left(\delta(t) - \frac{1}{T} \cdot e^{-t/T}\right)$	$\frac{s}{Ts+1}$
$\frac{T_1}{T_2} \cdot \delta(t) + \frac{T_2 - T_1}{T_2^2} e^{-t/T_2}$	$\frac{T_1 s+1}{T_2 s+1}$

$f(t)$ für $t \geq 0$ $f(t) = 0$ für $t < 0$		$F(s)$
$\frac{1}{T_1 - T_2} \cdot \left(e^{-t/T_1} - e^{-t/T_2}\right),$	$T_1 \neq T_2$	$\frac{1}{(T_1 s+1)\cdot(T_2 s+1)}$
$1 - \frac{1}{T_1 - T_2} \cdot \left(T_1 \cdot e^{-t/T_1} - T_2 \cdot e^{-t/T_2}\right),$	$T_1 \neq T_2$	$\frac{1}{s\cdot(T_1 s+1)\cdot(T_2 s+1)}$
$\frac{1}{T_1 \cdot T_2 \cdot (T_1 - T_2)} \cdot \left(T_1 \cdot e^{-t/T_2} - T_2 \cdot e^{-t/T_1}\right),$	$T_1 \neq T_2$	$\frac{s}{(T_1 s+1)\cdot(T_2 s+1)}$
$\frac{t}{T^2} \cdot e^{-t/T}$		$\frac{1}{(Ts+1)^2}$
$1 - e^{-t/T} \cdot \left(1 + \frac{t}{T}\right)$		$\frac{1}{s(Ts+1)^2}$
$e^{-t/T} \cdot \left(\frac{1}{T^2} - \frac{t}{T^3}\right)$		$\frac{s}{(Ts+1)^2}$
$\frac{\omega_0}{\sqrt{1-D^2}} \cdot e^{-D\omega_0 t} \cdot \sin\left(\omega_D t\right),$	$\lvert D \rvert < 1,\ \omega_D = \omega_0 \cdot \sqrt{1-D^2}$	$\frac{\omega_0^2}{s^2+2D\omega_0\cdot s+\omega_0^2}$
$1 - e^{-D\omega_0 t} \cdot \left(\cos\left(\omega_D t\right) + \frac{D}{\sqrt{1-D^2}} \cdot \sin\left(\omega_D t\right)\right),$	$\lvert D \rvert < 1,\ \omega_D = \omega_0 \cdot \sqrt{1-D^2}$	$\frac{\omega_0^2}{s\cdot\left(s^2+2D\omega_0\cdot s+\omega_0^2\right)}$
$\omega_0^2 \cdot e^{-D\omega_0 t} \cdot \left(\cos\left(\omega_D t\right) - \frac{D}{\sqrt{1-D^2}} \cdot \sin\left(\omega_D t\right)\right),$	$\lvert D \rvert < 1,\ \omega_D = \omega_0 \cdot \sqrt{1-D^2}$	$\frac{s\cdot\omega_0^2}{s^2+2D\omega_0\cdot s+\omega_0^2}$
$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!\cdot T^n} \cdot e^{-t/T}$		$\frac{1}{(Ts+1)^n}$
$1 - e^{-t/T} \cdot \sum_{k=0}^{n-1} \frac{t^k}{T^k \cdot k!}$		$\frac{1}{s(Ts+1)^n}$

$f(t)$ für $t \geq 0$ $f(t) = 0$ für $t < 0$	$F(s)$
$\sin(\omega t)$	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$
$\sin(\omega t + \varphi)$	$\frac{s \cdot \sin\varphi + \omega \cdot \cos\varphi}{s^2+\omega^2}$
$t \cdot \sin(\omega t)$	$\frac{2\omega s}{(s^2+\omega^2)^2}$
$t^n \cdot \sin(\omega t)$	$j\frac{n!}{2} \cdot \left(\frac{1}{(s+j\omega)^{n+1}} - \frac{1}{(s-j\omega)^{n+1}}\right)$
$e^{at} \cdot \sin(\omega t)$	$\frac{\omega}{(s-a)^2+\omega^2}$
$\sinh(\omega t)$	$\frac{\omega}{s^2-\omega^2}$
$\cos(\omega t)$	$\frac{s}{s^2+\omega^2}$
$\cos(\omega t + \varphi)$	$\frac{s \cdot \cos\varphi - \omega \cdot \sin\varphi}{s^2+\omega^2}$
$t \cdot \cos(\omega t)$	$\frac{s^2-\omega^2}{(s^2+\omega^2)^2}$
$t^n \cdot \cos(\omega t)$	$\frac{n!}{2} \cdot \left(\frac{1}{(s+j\omega)^{n+1}} - \frac{1}{(s-j\omega)^{n+1}}\right)$
$e^{at} \cdot \cos(\omega t)$	$\frac{s-a}{(s-a)^2+\omega^2}$
$\cosh(\omega t)$	$\frac{s}{s^2-\omega^2}$

$f(t)$ für $t \geq 0$ $f(t) = 0$ für $t < 0$	$F(s)$
$1 - \cos(\omega t)$	$\frac{\omega^2}{s(s^2+\omega^2)}$
$\omega t - \sin(\omega t)$	$\frac{\omega^3}{s^2(s^2+\omega^2)}$
$\sin(\omega t) - \omega t \cdot \cos(\omega t)$	$\frac{2\omega^3}{(s^2+\omega^2)^2}$
$\sin(\omega t) + \omega t \cdot \cos(\omega t)$	$\frac{2\omega s^2}{(s^2+\omega^2)^2}$

Formelsammlung zur Einführung in die Leitungstheorie

$$\begin{pmatrix} \underline{U}(l) \\ \underline{I}(l) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cosh(\underline{\gamma}\, l) & \underline{Z}_W \cdot \sinh(\underline{\gamma}\, l) \\ \frac{\sinh(\underline{\gamma}\, l)}{\underline{Z}_W} & \cosh(\underline{\gamma}\, l) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \underline{U}(l=0) \\ \underline{I}(l=0) \end{pmatrix}$$

mit

$$\underline{\gamma} = \sqrt{(R' + \mathrm{j}\omega L') \cdot (G' + \mathrm{j}\omega C')} = \alpha + \mathrm{j}\,\beta$$

$$\sinh(\mathrm{j}\,\beta\, l) = \mathrm{j} \cdot \sin(\,\beta\, l) \quad \text{und} \quad \cosh(\mathrm{j}\,\beta\, l) = \cos(\,\beta\, l)$$

$$\underline{U}(z) = \underline{U}_0^+ \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\underline{\gamma}\, z} + \underline{U}_0^- \mathrm{e}^{+\mathrm{j}\underline{\gamma}\, z}$$

$$\underline{I}(z) = \frac{\underline{U}_0^+}{\underline{Z}_0} \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\underline{\gamma}\, z} - \frac{\underline{U}_0^-}{\underline{Z}_0} \mathrm{e}^{+\mathrm{j}\underline{\gamma}\, z}$$

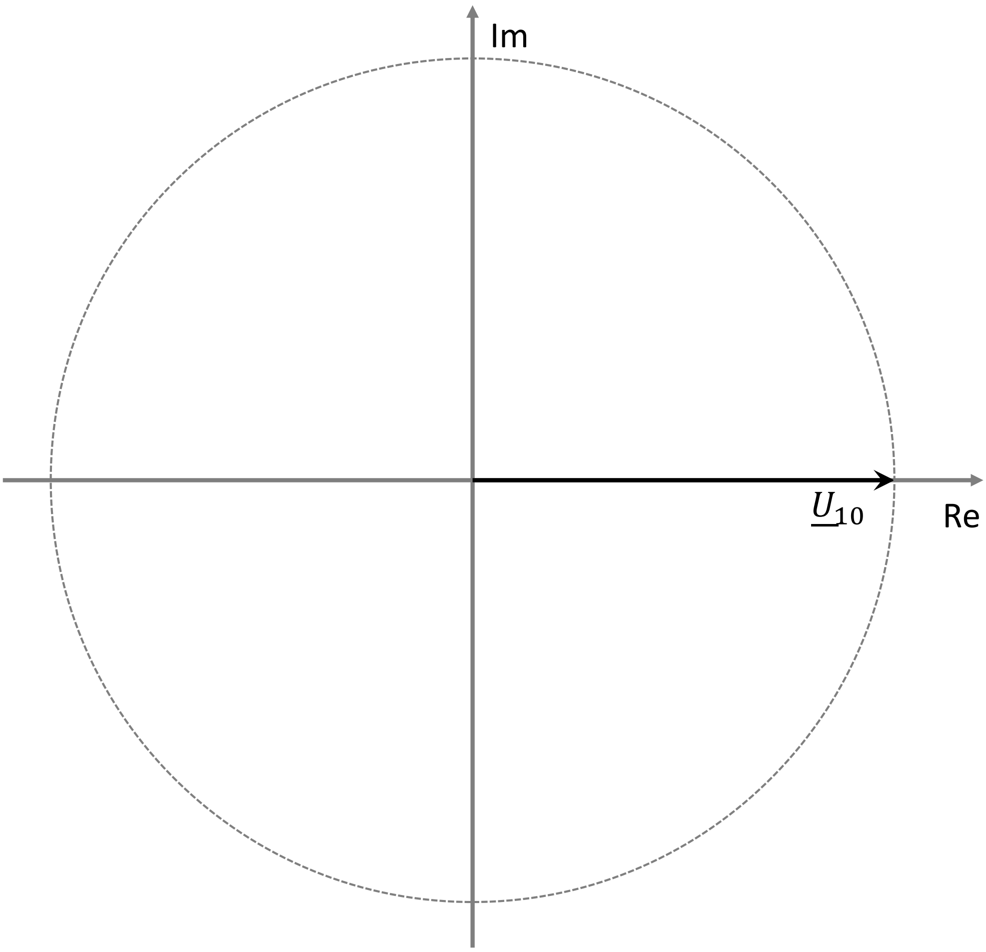
$$\underline{Z}_{Ltg} = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}}$$

Aufgabe 1

(6 Punkte)

Der Verkettungsfaktor k gibt in Mehrphasensystemen das Verhältnis der elektrischen Spannung zwischen zwei benachbarten Außenleitern zum Wert der Sternspannung zwischen einem beliebigen Außenleiter und dem Sternpunkt an.

Leiten Sie formelmäßig den Verkettungsfaktor $k = |\underline{U}_{12}|/|\underline{U}_{10}|$ eines m-phasigen Wechselstromnetzes an Hand der von Ihnen zu vervollständigenden Skizze her!



Lösung:

$$k = |\underline{U}_{12}|/|\underline{U}_{10}| = 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{m}\right)$$