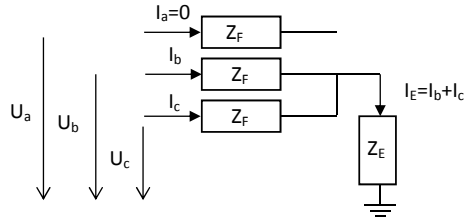


Name/Vorname: _____ / _____ Matr.-Nr./Knz.: _____ / _____

1. Phasenunterbrechung (34 Punkte)



Gegeben ist eine symmetrische Anordnung mit diskreten Impedanzen und mit einer Erdimpedanz.

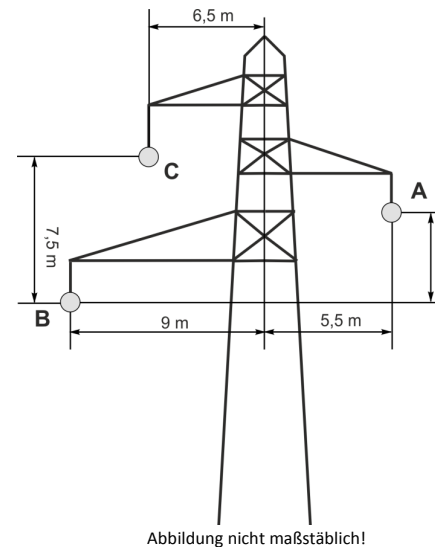
Spannungsquelle: $U_a = U_b = U_c = U_V = 400V$ verkettet, symmetrisch.
 Wirklast, Summe aus 3 Phasen vor Phasenunterbrechung: $P = 100kW$
 $Z_E = R_E = 2\Omega$

a. (3) Aus der gegebenen Leistung ist die **Impedanz $Z_F = R_F$** pro Phase zu bestimmen.

In dem Drehstromsystem kommt es zur Unterbrechung von Phase a, wodurch nur mehr zwei der Impedanzen Z_F aktiv sind, siehe Abbildung. Zu ermitteln sind:

- b. (8) **Ströme** im Komponentensystem sowie in den Phasen
- c. (6) **Strom** im Nullleiter (**Nullleiter**)
- d. (6) **Verlagerung der Spannung** im Sternpunkt
- e. (3) Berechnung der **Spannungsabfälle** in den Phasen (für Spannungszeigerdiagramm)
- f. (8) **Zeigerdiagramme** für Phasenströme und Spannungen

2. Betriebsparameter einer 380kV-Leitung (33 Punkte)



Für eine 380 kV-Leitung in einem 50 Hz Netz mit **4er-Bündeln** und einem Mastbild wie in der Abbildung sollen verschiedene Betriebsparameter ermittelt werden. Es wird angenommen, dass die Leitung über ihre Länge **verdrillt** und damit symmetriert wird.

Querschnitt Einzelleiter:	242,5 mm ²
Leiterabstand a im Bündel:	30 cm
Anzahl Leiter im Bündel:	4
Länge der Leitung:	227 km
Dauerstrombelastbarkeit (Einzelleiter):	585 A
Gleichstromwiderstand (Einzelleiter):	0,1373 Ω/km

- a. (8) Wie groß ist die längenbezogene symmetrische **Betriebsinduktivität** der Leitung?
- b. (8) Wie groß ist die längenbezogene symmetrische **Betriebskapazität** der Leitung?
- c. (8) Wie groß ist die **komplexe Ausbreitungskonstante $\underline{\gamma}$** unter der zusätzlichen Annahme, dass $G' = 0 \frac{S}{km}$? Verwenden Sie die Näherung für die Dämpfungs- und Phasenkonstante ($R' \ll \omega L', G' \ll \omega C'$):

$$\alpha \approx \frac{R'}{2} \sqrt{\frac{C'}{L'}} + \frac{G'}{2} \sqrt{\frac{L'}{C'}} \quad \beta = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi}{\lambda} \approx \omega \sqrt{L'C'}$$

- d. (3) Die Leitung sei mit ihrem Wellenwiderstand abgeschlossen. Welcher **Spannungsbetrag** stellt sich **am Ende der Leitung** ein, wenn sie am Beginn mit Nennspannung betrieben wird?
- e. (3) Wie groß ist die **natürliche Leistung** der Leitung, wenn sie als verlustlose Leitung betrachtet wird ($R' = 0 \Omega/km, G' = 0 S/km$)?
- f. (3) Schätzen Sie die **thermisch übertragbare Scheinleistung** der Leitung ab.

3. Windenergieanlage mit Pitch-Regelung (33 Punkte)

Eine Pitch-geregelte Windkraftanlage hat folgende Kenndaten:

Rotordurchmesser:	$D_{Rotor} =$	126 m
Windnennngeschwindigkeit:	$v_N =$	12,5 m/s
Nabenradius:	$r_{Nabe} =$	4 m
Beginn der Abregelung:	$v_{Abschalt, 1} =$	27 m/s
Ende der Abregelung:	$v_{Abschalt, 2} =$	30 m/s

Messergebnisse der Leistungstests (Werte in Nabenhöhe):

Erreichen des Losbrechmoments bei	$v_{Los} =$	3 m/s
Windgeschwindigkeit vor der Turbine:	$v_1 = v_N =$	12,5 m/s
Leistungsbeiwert bei v_1 :	$c_p =$	0,452
Luftdichte:	$\rho_L =$	1,225 kg/m ³

Leistung über der Windgeschwindigkeit v_W :

$v_W < v_{Los}$	Flautenbereich ($P = 0$)
$v_{Los} < v_W \leq v_N$	Teillastbereich
$v_N < v_W < v_{Abschalt, 1}$	Volllastbereich ($P = P_N$)
$v_{Abschalt, 1} \leq v_W \leq v_{Abschalt, 2}$	Abregelbereich ^{*)}
$v_W > v_{Abschalt, 2}$	Abschaltung ($P = 0$)

^{*)} Die Anlage führt statt einer Abschaltung eine kontrollierte Reduktion der eingespeisten Leistung durch (Abregelung). Dabei wird die Leistung P linear mit der Windgeschwindigkeit von $P = P_N$ bei $v_W = v_{Abschalt, 1}$ auf $P = 0$ bei $v_W = v_{Abschalt, 2}$ reduziert!

Die Jahresdauerlinie für das Winddargebot sei durch die folgende Funktion beschrieben:

$$v_W(t) = v_{max} \cdot e^{-\frac{t}{T}} \quad \text{mit } v_{max} = 40 \text{ m/s} \quad \text{und} \quad T = 2600 \text{ h}$$

Der Gesamtwirkungsgrad von Generator und Getriebe beträgt $\eta_{Ges} = 0,92$.

- (3) Wie groß ist die **elektrische Nennleistung** des Windrades?
- (9) **Skizzieren** Sie schematisch die gegebene **Jahresdauerlinie der Windgeschwindigkeit** und zeichnen sie die **Bereiche** (Flaute, Teillast, Volllast, Beginn und Ende der Abregelung) ein. Stellen Sie auch den **Verlauf der eingespeisten Leistung** in den Bereichen schematisch dar.
- (4) Berechnen Sie die **Zeitpunkte** für die **Übergänge** zwischen Teillast, Volllast, Beginn und Ende der Abregelung.
- (4) Wie groß ist die im **Volllastbereich erzeugte Energie** in GWh?
- (7) Wie groß ist die im **Abregelbereich erzeugte Energie** in GWh?
- (3) Im Teillastbereich wird pro Jahr eine Energiemenge von 5,32 GWh erzeugt. Wie groß ist die **Volllaststundenzahl** der gegebenen Anlage?
- (3) Wie hoch wäre die **Volllaststundenzahl**, wenn statt der Abregelung eine simple Abschaltung bei $v_W \geq v_{Abschalt, 1}$ durchgeführt würde (d.h. **keine Abregelung**)?