

Schriftliche Prüfung aus „Energieübertragung und Kraftwerke“, am 26.06.2013

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

1. GuD Kraftwerk (25 Punkte)

Die Abnahmetests an einem Gas- und Dampfkraftwerk (GuD) mit Fernwärmeauskopplung ergaben folgende spezifische Energiemengen:

Gasturbine GT		Dampfturbine DT	
Spez. Verdichterarbeit	325 kJ/kg	Spez. Turbinenarbeit	688 kJ/kg
Spez. Turbinenarbeit	745 kJ/kg	Spez. Kompressionsarbeit -Speisewasserpumpe	18 kJ/kg
Spez. Wärmezufuhr	1035 kJ/kg	Spez. Wärmeauskopplung Fernwärme	410 kJ/kg
Spez. Wärmeabgabe	615 kJ/kg	Spez. Wärmezufuhr der DT = 70% spez. Wärmeabgabe der GT	

Die Massenverhältnisse des Gasturbinenprozesses mit dem Dampfturbinenprozess sind im Verhältnis 4:1. Der elektrische Wirkungsgrad vom Generator ist 97%.

Heizwert-Erdgas: $H_{u,V} = 35\ 800\ \text{kJ/m}^3$

- Zeichnen Sie das **Ersatzschaltbild** des kombinierten Gas- und Dampfprozesses und **beschriften** Sie die Symbole.
- Bestimmen Sie den **elektrischen Wirkungsgrad** der **Gasturbine**.
- Bestimmen Sie den **Wirkungsgrad der Dampfturbine mit und ohne Fernwärmeauskopplung**.
- Bestimmen Sie den **Wirkungsgrad der gesamten GuD-Anlage mit und ohne Fernwärmeauskopplung**.
- Welche **Brennstoffmenge** (m^3/h) ist für eine elektrische **Gesamtleistung** (GuD) von **200 MW** nötig?
- Welche **Brennstoffmenge** (m^3/h) muss bei der Gasturbine erfolgen, um eine **effektive Fernwärmeauskopplung von 65 MW** zu erzielen?

2. Kurzschlussstrom (25 Punkte)

In einem 50Hz-Mittelspannungs-Netz ist von einem maximalen dreipoliger Kurzschlusswechselstrom von $I''_{k3p} = 20\ \text{kA}$ auszugehen. Die Impedanz der gesamten Fehlerschleife ist hierbei $R = 0,05\ \Omega$, $X = 0,44\ \Omega$.

Der Kurzschluss wird innerhalb von 100 ms abgeschaltet. Der Kurzschlusswechselstrom klingt innerhalb von einer Sekunde auf 50% seines Anfangswertes ab ($I_{k3p} = 0,5 I''_{k3p}$).

Das VPE-Kabel, über das der Kurzschlussstrom fließt, hat einen Querschnitt von $A = 35\ \text{mm}^2$. Nehmen Sie für das VPE-Kabel mit Kupferleitern eine Bemessungs-Kurzzeitstromdichte von

$$S_{\text{thr}}(1\text{s}) = 176\ \text{A/mm}^2$$

an.

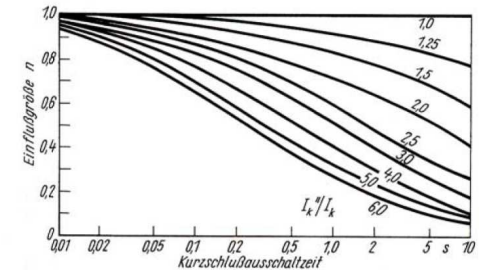
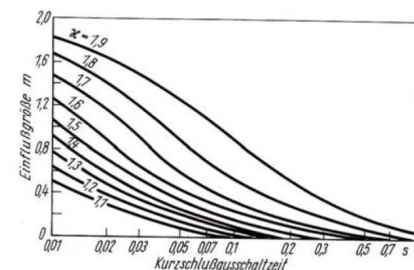
- Bestimmen Sie den **Stoßfaktor κ** .

Hinweis: $\kappa = 1 + e^{-tR/L}$

Der Stoßfaktor beschreibt den Zusammenhang zwischen dem maximalen Stoßkurzschlussstrom und dem Anfangskurzschlusswechselstrom

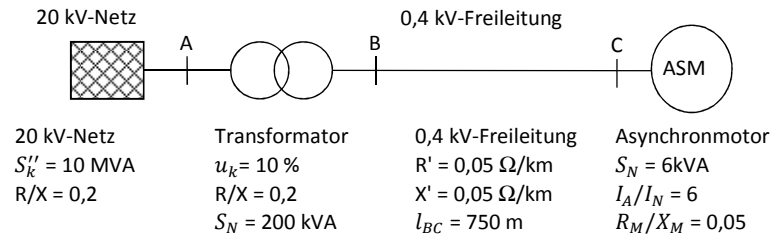
- Wie groß sind die **Faktoren m , n** ?

Entnehmen Sie die Werte den unteren Abbildungen UND zeichnen Sie in den Abbildungen ein, wo Sie die Werte abgelesen haben.



- Wie groß ist der **thermische Kurzzeitstrom** (100 ms)?
- Welche **thermische Stromdichte** (100 ms) ergibt sich?
- Würde das verwendete Kabel diesen Kurzschluss **zerstörungsfrei überstehen**?
- Was wäre, wenn der Kurzschluss bereits nach **50 ms** abgeschaltet wird? Ist in diesem Fall das Kabel **thermisch überlastet**?
- Wie groß muss der **Kabelquerschnitt** mindesten sein, damit das Kabel bei einer Abschaltzeit von 100 ms **nicht thermisch überlastet** wird?

3. Netzeinspeisung (25 Punkte)



Hinweis: Die angegebene Netzkurzschlussleistung S_k'' ist mit einem Sicherheitsfaktor $c = 1,1$ berechnet worden.

Für die angegebene Netzkonstellation sind folgende Größen zu bestimmen:

- a. (12) Wie groß sind im Netzknoten C
 - (i) die **Netz-Kurzschlussleistung**,
 - (ii) die **Netzimpedanz** und
 - (iii) der **Netzwinkel**?

Für die folgenden Punkte können Sie eine Näherungsformel verwenden:

- b. (8) Bestimmen Sie die **schaltbedingte Spannungsänderung** im Netzknoten C bei einschalten des Motors (ASM).
- c. (5) Die 0,4 kV-Freileitung **wird verstärkt**. Dadurch reduzieren sich die Beträge der Impedanzbeläge (sowohl R als auch X) zwischen dem Netzknoten B und C auf jeweils die Hälfte. Wie groß ist nun die **schaltbedingte Spannungsänderung** im Netzknoten C?

4. Gasturbine (25 Punkte)

Eine offene Gasturbine arbeitet mit Luft nach dem Joule-Prozess.

Daten: $p_3 = p_4 = 1 \text{ bar}$ und $p_1 = p_2 = 12 \text{ bar}$
 Ansaugtemperatur $t_4 = 30^\circ\text{C}$
 Maximale Prozesstemperatur $t_2 = 1100^\circ\text{C}$
 Spezifische Wärmekapazität: $c_p = 1,015 \text{ kJ}/(\text{kg K})$
 $\kappa_{\text{Luft}} = 1,4$

- a. (4) Skizzieren Sie das **pV- und** das **TS-Diagramm** und beschriften Sie die relevanten Punkte
- b. (4) Wie hoch sind die **Temperaturen T_3 und T_1** (nach dem Verdichter und nach der Turbine)?
- c. (2) Wie groß ist die **spezifische Verdichterarbeit** (W_{41}/m – die dem Verdichter bei keinerlei Verlusten zugeführt werden muss)?
- d. (2) Wie groß ist die **spezifische Turbinenarbeit** W_{23}/m ?
- e. (2) Wie groß ist die **spezifische Nutzarbeit**?
- f. (3) Wie groß ist die **spezifische Wärmezufuhr** und **Wärmeabfuhr**?
- g. (2) Welcher **Massenstrom** ist für eine abgegebene mechanische Leistung von 2,3 MW erforderlich?
- h. (3) Wie groß ist der **thermische Wirkungsgrad** und das **Arbeitsverhältnis**?
- i. (3) Wie groß ist der **thermische Wirkungsgrad**, wenn als **Arbeitsmedium Helium** (einatomiges Gas, 3 Freiheitsgrade) verwendet wird bei sonst gleichen Eckdaten?