Physik und Systemwissenschaft

End of Semester Exam, June 2010

Zweites Semester Wirtschaftsingenieurwesen, ZHAW, WI09

Allgemeine Bemerkungen

Antworten müssen begründet und nachvollziehbar sein.

Erlaubte Hilfsmittel: Bücher und persönlich verfasste Zusammenfassung. Rechen- und Schreibzeugs.

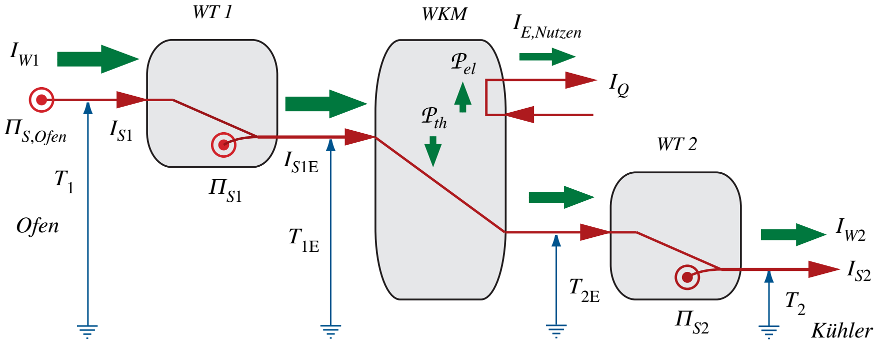
Bitte lösen Sie jede Aufgabe auf einem separaten Blatt. Die Blätter für Aufgabe 3 müssen separat für Herrn Hosang abgegeben werden!

Schreiben Sie jedes Blatt an (Name, Datum, Prüfung, Nummer der Aufgabe).

Geben Sie die Aufgabenblätter mit Ihren Lösungen ab. Schreiben Sie die Aufgabenblätter mit Ihrem Namen an.

Punkteverteilung:
Augabe 1: 12
Augabe 2: 12
Augabe 3: 12

1. Das Modell eines ölgefeuerten thermischen Kraftwerks besteht aus der idealen Wärmekraftmaschine (WKM) und zwei Wärmetauschern (WT). Das Kraftwerk wird kontinuierlich betrieben und zwar so, dass der Energiestrom vom Ofen 4.0 GW beträgt. Die Kühlertemperatur ist konstant 300 K. Die beiden Wärmetauscher haben je einen Energieleitwert von $25 \cdot 10^6$ W/K.



a. Die Verbrennung passiert bei 800 K. Wie gross ist die Entropieproduktionsrate im Ofen? [1 P.]

b. Wie hoch ist die Temperatur T_{1E} beim Austritt des ersten Wärmetauschers? [1 P.]

c. Wie gross ist der Entropiestrom in die Wärmekraftmaschine (WKM)? [1 P.]

d. Wie hoch muss die Austrittstemperatur der WKM (Eintrittstemperatur des zweiten Wärmetauschers) sein? [2 P.]

e. Wie gross ist die Leistung der Wärmekraftmaschine? [1 P.]

f. Der Entropiestrom, der an die Umwelt geht, ist gleich der Summer aller im Modell vorkommenden Entropieproduktionsraten. Wieso? [1 P.]

g. Wie gross sind die jährlichen Einkünfte aus den Energieverkäufen, wenn 1.0 kWh gerade 0.10 Fr. einbringen? [0.5 P.]

h. Stellen Sie sich vor, die Entropieproduktion würde besteuert, und zwar mit $5.0 \cdot 10^{-7}$ Fr./(J/K). Wie gross ist die jährliche Steuer? [0.5 P.]

i. Was passiert mit den Einnahmen und mit den Steuern, wenn die Verbrennungstemperatur T_1 im Kraftwerk heraufgesetzt werden kann? (Ölverbrauch, Umwelttemperatur und Wärmetauschereigenschaften bleiben gleich.) [2 P.]

j. Nehmen Sie an, die Brennstoffe würden besteuert. Was bewirkt eine Heraufsetzung der Verbrennungstemperatur auf Einnahmen und Steuern? Sind die Besteuerung der Entropieproduktion und die Besteuerung des Brennstoffes gleichwertige Massnahmen? [2 P.]

2. In einer Grossstadt teilen sich die zwei Banken 1 (mit 150 Beratern) und 2 (mit 75 Beratern) insgesamt 900'000 Kunden. Zur Anfangszeit (jetzt) sind 500'000 Kunden bei Bank 1 und 400'000 Kunden bei Bank 2.

   Der Quotient

$$U = \frac{Anzahl\ Kunden}{Anzahl\ Berater}$$

   ist ein Mass für die Unzufriedenheit eines Kunden bei seiner jeweiligen Bank (je mehr Kunden von einem Berater betreut werden, desto unzufriedener ist ein Kunde). Die Kunden wechseln nun ständig aufgrund ihrer Unzufriedenheit von einer Bank zur anderen. Die Zahl der Berater bleibt konstant.

   Fall DE: Die Stadt ist in Deutschland. Deutsche Kunden wechseln ihre Bank spontan, in Abhängigkeit der momentanen Unzufriedenheit. Der Nettostrom von Kunden zwischen den Banken sei zum Unterschied der Unzufriedenheiten der beiden Kundengruppen proportional:

$$Nettostrom = \alpha \Delta U \quad , \quad \alpha = 5.0\,\mathrm{Jahr}^{-1}$$

   Fall CH: Die Stadt ist in der Schweiz. Ein Schweizer Kunde macht seinen Wechsel abhängig von der aufgestauten Unzufriedenheit über die gesamte Zeitdauer, bei der er bei der Bank ist. Der Nettostrom von Kunden zwischen den Banken sei

$$Nettostrom = \beta \int \Delta U\, dt \quad , \quad \beta = 12.5\,\mathrm{Jahr}^{-2}$$

   a. Das Problem ist mathematisch äquivalent zu einem Stromkreis mit zwei geladenen Kondensatoren und einem Widerstand, bzw. einer Spule (diese Analogie dürfen Sie bei Bedarf für die Beantwortung späterer Teilaufgaben benützen). Ergänzen Sie die Korrespondenztabelle auf dem Beiblatt. [2 P.]

   b. Zeichnen Sie je ein Berkeley-Madonna-Modell für die Fälle DE und CH und geben Sie alle auftretenden Formeln an. [4 P.]

   c. Fall DE: Bestimmen Sie, gegen welchen Wert die beiden Kundenzahlen streben werden. [1.5 P.]

   d. Fall DE: Skizzieren Sie die zeitliche Entwicklung der Unzufriedenheiten bei Bank 1 und Bank 2 (mit korrekter Zeitkonstante). [1.5 P.]

   e. Fall CH: hier ergibt sich ein schwingendes Verhalten für die Kundenzahlen. Um welchen Wert schwingt die Anzahl der Kunden bei Bank 1? Mit welcher Amplitude? Und wie gross ist die Schwingungsdauer der Schwingung? [3 P.]

3. Betrachten Sie ein dynamisches System, das durch folgende Differentialgleichung 2. Ordnung beschrieben wird:

$$\ddot{x} = x^2 - \dot{x} - 1$$

   a. Drücken Sie diese Differentialgleichung 2. Ordnung durch zwei Differentialgleichungen 1. Ordnung aus. [2 P.]
   b. Sie möchten das Anfangswertproblem, das durch die Differentialgleichung und durch

$$x(t = 0) = 0.1$$

   und

$$\dot{x}(t = 0) = 0.1$$

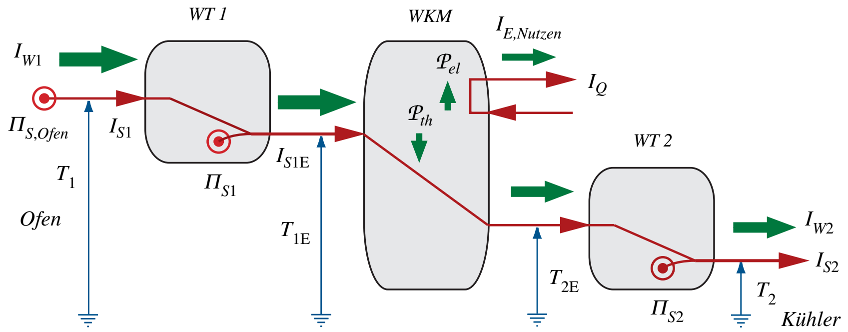
   gegeben ist, mit Madonna lösen. Skizzieren Sie den Flowchart Ihres Modells mit allen benötigten Speichern, Flüssen und Parametern. Geben Sie alle Formeln und Startwerte an und ordnen Sie sie den Elementen Ihres Flowcharts zu. [2 P.]
   c. Sie möchten nun dasselbe Problem wie in b. mit Matlab lösen. Schreiben Sie die Matlab-Funktion vollständig auf, welche vom Solver (ode45.m) aufgerufen wird und welche die rechten Seiten der Differentialgleichungen zur Zeit t auswertet. [2 P.]
   d. Berechnen Sie die Null-Klinen des Systems und skizzieren Sie ihren Verlauf im Bereich $-1.5 \le x \le 1.5$ und $-1.5 \le \dot{x} \le 1.5$. [1.5 P.]
   e. Bestimmen Sie alle Gleichgewichte des Systems. [1.5 P.]
   f. Skizzieren Sie das Vektorfeld im Bereich $-1.5 \le x \le 1.5$ und $-1.5 \le \dot{x} \le 1.5$. Die Null-Klinen begrenzen 5 Gebiete, in denen die Vorzeichen der beiden Komponenten des Vektorfelds jeweils konstant sind. Geben Sie in jedem der Gebiete mindestens einen Vektor an und zeichnen Sie einige zusätzliche Vektoren, um die unterschiedliche Stärke des Vektorfelds darzustellen. [3 P.]

Table 1: Korrespondenzen

Elektrisch	Banken
Kondensator 1, 2	Bank 1, 2
Kondensatorladung Q1, Q2	
Kondensatorspannungen U1, U2	
Kapazitäten C1, C2	
Ohmscher Widerstand R	
Spuleninduktivität L	

Solutions

1. Power plant



a.

$$\Pi_{S,Furnace} = \frac{I_{W1}}{T_1} = \frac{4.0 \cdot 10^9}{800} \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}} = 5.0 \cdot 10^6 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}}$$

b.

$$I_{W1} = G_W (T_1 - T_{1E}) \quad \Rightarrow \quad T_{1E} = T_1 - \frac{I_{W1}}{G_W} = 800\mathrm{K} - \frac{4.0 \cdot 10^9}{2.5 \cdot 10^7} \mathrm{K} = 640\mathrm{K}$$

c.

$$I_{S1E} = \frac{1}{T_{1E}} I_{W1} = 6.25 \cdot 10^6 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}}$$

d.

$$I_{W2} = T_{2E} I_{S1E}$$
$$I_{W2} = G_W (T_{2E} - T_2)$$
$$\Rightarrow \quad T_{2E} I_{S1E} = G_W (T_{2E} - T_2) \quad \Rightarrow \quad G_W T_{2E} - T_{2E} I_{S1E} = G_W T_2$$
$$\Rightarrow \quad T_{2E} = \frac{G_W T_2}{G_W - I_{S1E}} = \frac{2.5 \cdot 10^7 \cdot 300}{2.5 \cdot 10^7 - 6.25 \cdot 10^6} \mathrm{K} = 400\mathrm{K}$$

e.

$$\mathcal{P}_{el} = \mathcal{P}_{th} = (T_{1E} - T_{2E}) I_{S1E} = 1.50 \cdot 10^9 \,\mathrm{W}$$

f. Entropie aus dem Ofen und die in den Wärmetauschern entstandene Entropie muss an die Umwelt (kann nicht vernichtet werden). P_S_total = I_W2/T2 = 8.33·10^6 W/K.

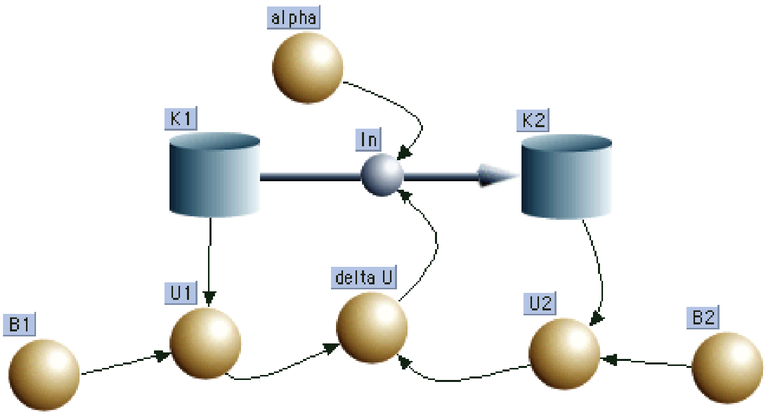
g. Energieeinkommen = 1.315e+9 Fr.

h. Steuer = 1.315e+8 Fr.

i. Höheres T1 heisst höherer Wirkungsgrad heisst weniger Entropieproduktion und mehr el. Energie. Mehr Einnahmen und kleinere Steuern.

j. Höheres T1 heisst höherer Wirkungsgrad heisst mehr el. Energie. Mehr Einnahmen und gleiche Steuern. Massnahmen sind nicht gleich.

2. Banks



$$d/dt\,(K1) = -\,In$$

$$INIT\ K1 = 5e5$$

$$d/dt\,(K2) = +\,In$$

$$INIT\ K2 = 4e5$$

$$In = alpha*delta\_U$$

$$U1 = K1/B1$$

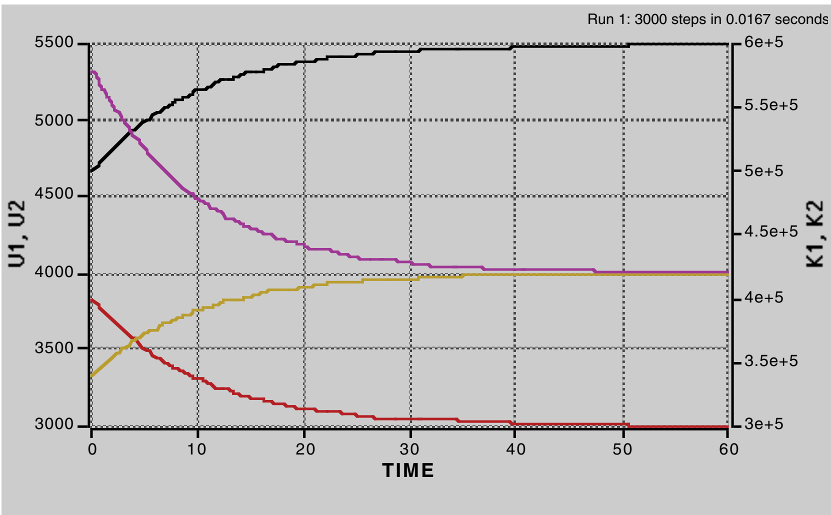
$$U2 = K2/B2$$

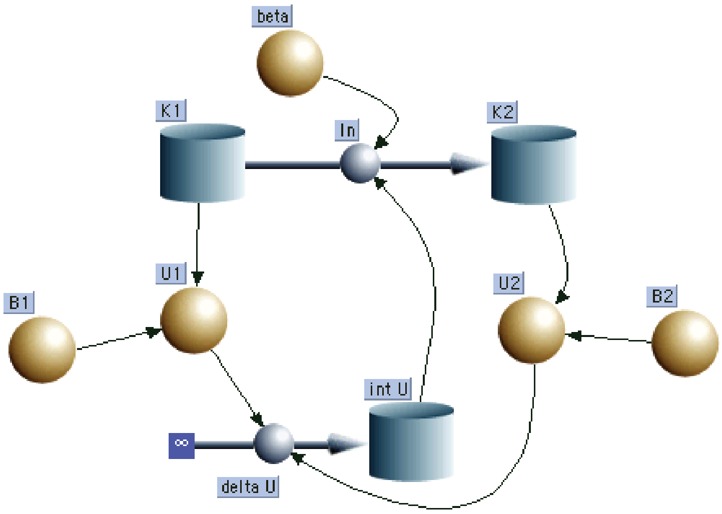
$$B1 = 150$$

$$B2 = 75$$

$$alpha = 5$$

$$delta\_U = U1-U2$$





d/dt (K1) = - In

INIT K1 = 5e5

d/dt (K2) = + In

INIT K2 = 4e5

d/dt (int_U) = + delta_U

INIT int_U = 0

In = beta*int_U

delta_U = U1-U2

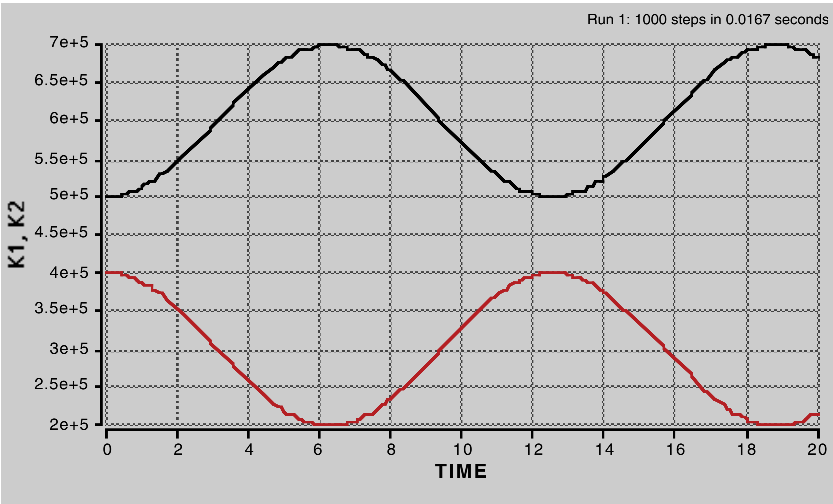
U1 = K1/B1

U2 = K2/B2

B1 = 150

B2 = 75

beta = 12.5

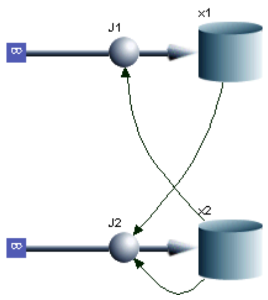


1.

a.

$$\dot{x}_1 = x_2$$
$$\dot{x}_2 = x_1^2 - x_2 - 1$$

b.




```
{Top model}

   {Reservoirs}
   d/dt (x1) = + J1
      INIT x1 = 0.1
   d/dt (x2) = + J2
      INIT x2 = 0.1

   {Flows}
   J1 = x2
   J2 = x1^2-x2-1
{Globals}
{End Globals}
```

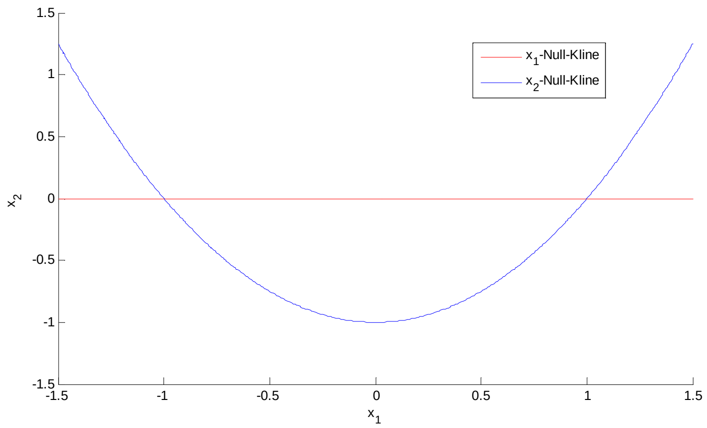
c.

```
function ydot=dgls(t,y)

ydot(1) = y(2);
ydot(2) = y(1)^2-1-y(2);

ydot = ydot';
```

d.



e.

$$(x_1, x_2) = (-1, 0)$$
$$(x_1, x_2) = (1, 0)$$

f.