



## Auslegung von Flugzeugsystemen SS 2007

Datum: 04.07.2007

Bearbeitungszeit: 180 Minuten

|                 |        |          |  |
|-----------------|--------|----------|--|
| Name:           |        | Vorname: |  |
| Matrikelnummer: |        |          |  |
| Punkte:         | von 51 | Note:    |  |

### 1. Klausurteil

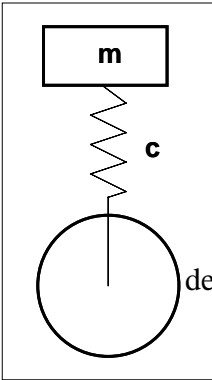
ohne Unterlagen, 15 Punkte, 30 Minuten

- 1.) Definieren Sie den Begriff "System"!
- 2.) Wann wird ein System als "Black Box" bezeichnet? Welche Eigenschaften kennzeichnen das System als "Black Box"?
- 3.) Skizzieren Sie ein System als Blockschaltbild, das eine Rückkopplung enthält!
- 4.) Welches sind die Begriffe um die es (neben der Funktionalität) bei der Systemauslegung im Flugzeugbau immer geht? (Nennen Sie mindestens drei dieser Begriffe!)
- 5.) Was ist der Unterschied zwischen einer monetären Bewertungsmethode und einer nicht-monetären Bewertungsmethode?
- 6.) In welcher Spezifikation sind die "Environmental Conditions And Test Procedures For Airborne Equipment" enthalten? Was versteht man in diesem Zusammenhang unter "Environmental Conditions"?
- 7.) Erklären Sie das Prinzip der Nutzwertanalyse!
- 8.) Wie lautet die Formel zur Berechnung der DOC von Flugzeugsystemen? Nach welcher Formel wird die Abschreibung berechnet? Nach welcher Formel werden die Kraftstoffkosten berechnet?

- 9.) Nennen Sie alle Ursachen für Kraftstoffverbrauch durch Flugzeugsysteme! (Nennen Sie mindestens 5 Ursachen!)
- 10.) Die Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis A ist 0,4 und für ein Ereignis B: 0,5. A und B sind unabhängige Ereignisse, die sich nicht gegenseitig ausschließen. Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit dafür das A eintritt B jedoch nicht!
- 11.) Ein System muss in einem Passagierflugzeug eine Funktion wahrnehmen, die sicherheitskritisch ist. Ein Ausfall der Funktion hätte den Verlust des Flugzeugs zur Folge. Das System ist aus redundanten Subsystemen aufgebaut. Jedes Subsystem hat eine Ausfallwahrscheinlichkeit von  $10^{-3}$  bezogen auf einen Flug von einer Stunde. Wie viele dieser Subsysteme muss das Flugzeug besitzen? Geben Sie eine Begründung an!
- 12.) Ausfallwahrscheinlichkeit eines Systems beträgt von  $10^{-11}$  bezogen auf einen Flug von einer Stunde. Berechnen Sie die Fehlerrate  $\lambda(t)$  !
- 13.) Die Ausfallwahrscheinlichkeit beträgt  $10^{-3}$  . Berechnen Sie die Zuverlässigkeit!
- 14.) 9 Subsysteme mit einer Ausfallrate von je  $10^{-5}$  sind in Reihe geschaltet. Berechnen Sie die Ausfallrate des Gesamtsystems!
- 15.) Erstellen Sie eine (leere) Tabelle mit der Sie eine FMEA ausgehend von Systemfunktionen (Functional FMEA) durchführen können!

**2. Klausurteil**

mit Unterlagen, 36 Punkte, 135 Minuten

- 16.) Nicht selten wird man im Flugzeugbau vor die Aufgabe gestellt Mehrkosten gegen eine Gewichtersparnis abzuwägen. Berechnen Sie welche Mehrkosten welcher Gewichtseinsparung entsprechen, wenn die DOC gleich bleiben sollen. Als Randbedingungen sind gegeben:
- Abschreibung über 16 Jahre mit einem Restwert von 10%
  - Schubspezifischer Kraftstoffverbrauch:  $16 \cdot 10^{-6}$  kg/(Ns); Kraftstoffpreis: 0,2 US\$/kg
  - Gleitzahl: 19
  - Flugzeit: 10 Std.; Anzahl der Flüge pro Jahr: 436
- (5 Punkte)
- 17.) Ein System hat eine Fehlerrate von  $10^{-4}$  1/FH. Man benötigt 10 Tage um das System zu reparieren. Berechnen Sie die Verfügbarkeit  $A$ !
- (3 Punkte)
- 18.) Gegeben ist ein primitives Fahrwerk: gefederte Masse  $m$ , Federkonstante  $c$ .
- Schneiden Sie die Masse frei!
  - Stellen Sie die Bewegungsgleichung auf!
  - Lösen Sie die Bewegungsgleichung so auf, dass sie in Simulink gelöst werden kann!
  - Zeichnen Sie das Simulink Blockschaltbild zur Simulation des Systems!
  - Zeigen Sie zwei Möglichkeiten auf, wie das System in der Simulation zum Schwingen angeregt werden kann!
- (5 Punkte)
- 
- 19.) Berechnen Sie die direkten Wartungskosten (DMC) pro Jahr für ein Flugzeug: Das Flugzeug unternimmt Flüge von je 10 FH. Dabei kommen pro Jahr 400 Flüge zusammen. Der Wartungsaufwand beträgt 8 MMH/FH. Für Ersatzteile werden 200000 US\$ pro Jahr ausgegeben. Für die Wartungsstunde setzen Sie 69 US\$ an.
- (2 Punkte)
- 20.) Ein Flugzeug hat eine maximale Abflugmasse von 80 t. Schätzen Sie die Masse für das ATA-Kapitel 30 (Ice & Rain Protection) nach Skript mit den Gleichungen von **Raymer 1992** ab.
- 21.) Am Beispiel des A330 soll das erforderliche Volumen des Bremspaketes abgeschätzt werden!
- maximale Abflugmasse: 233000 kg; Das Flugzeug hat 8 gebremste Räder,
  - angenommene Entscheidungsgeschwindigkeit  $V_I$ : 155 kt,
  - Daten der Carbonbremse entnehmen Sie bitte der Vorlesung.
- (3 Punkte)

22.) **Statische Auslegung zur Flugzeugklimatisierung**

(10 Punkte)

- a) Zeichnen Sie den Arbeitsbereich einer Flugzeugkabine (*Operating Range*). Die maximale Norm-Kabinenhöhe beträgt 8000 ft. Die Normabweichung zum Außendruck beträgt 620 hPa. Berechnen Sie die maximale Reiseflughöhe. Achten Sie bei der Erstellung der Zeichnung auf eine eindeutige Benennung der Achsen.

(2 Punkte)

- b) Berechnung der Fläche der Überdruckventile (*Overpressure Relief Valves*) der Kabine:

Umgebungsdruck:  $p_{\text{Umgebung}} = 132 \text{ hPa}$ Normabweichung zum Außendruck beträgt  $620 \text{ hPa}$ Kabinentemperatur:  $T_{\text{Kabine}} = 297,15 \text{ K}$ In die Kabine einströmender Massenstrom:  $\dot{m}_{\text{dot}} = 4 \text{ kg/s}$ 

davon sind 50% rezirkulierte Luft

Der Isotropenkoeffizient  $\chi$  von Luft  $1,4$ Die spezifische Gaskonstante  $R$  von Luft  $287 \text{ J/(kg K)}$ 

- In welcher Höhe befindet sich das Flugzeug?
- Schätzen sie den Druck in der Kabine ab!
- Berechnen Sie mit den gegebenen Größen die effektive Fläche eines der beiden Überdruckventile

(4 Punkte)

- c) Ein Flugzeug hat aus Sicherheitsgründen immer zwei Kühlaggregate (*Packs*). Es wird davon ausgegangen dass eines der Kühlaggregate ausgefallen ist. Bei einem ausgefallenen Pack beträgt der minimale Massenstrom  $3,38 \text{ g/s}$  je Passagier. Die Anzahl der Passagiere im Flugzeug beträgt 220.

- Berechnen Sie den minimalen Massenstrom in die Kabine.

(1 Punkte)

Die Kabinentemperatur beträgt  $24 \text{ °C} = 297,15 \text{ K}$ . In die Kabine fließt eine Wärmestrom von  $40 \text{ kW}$ . Die Warmluftzufuhr über die Regelventile (*Trim Air Valve*) wird vernachlässigt. Die Hälfte des Massenstroms in die Kabine kommt aus dem Kühlaggregat, die andere Hälfte ist rezirkulierte Luft aus der Kabine.

- Welche Temperatur muss das Kühlaggregat liefern, so dass die Temperatur in der Kabine auf  $24 \text{ °C}$  gehalten wird?
- Bestimmen Sie die Temperatur am Kabineneinlass!

Die spezifische Wärmekapazität  $C_p$  von Luft beträgt  $1005 \text{ J/(kg K)}$ .

(3 Punkte)

**23.) Dynamische Auslegung zur Flugzeugklimatisierung** (7 Punkte)

- a) Definieren Sie die verschiedenen Wärmeströme, die in die Kabine einströmen bzw. ausströmen!
- b) Zeichnen Sie ein Modellierungsschema für die Simulation einer Kabine auf! Nennen Sie die verschiedenen Grundelemente einer solchen Simulation!
- c) Geben sie die Differentialgleichung für die thermische Trägheit der Kabineneinbauten an!
- d) Zeichnen Sie den Verlauf der Temperatur für eine unregelte und eine geregelte Kabine für den Pull Down und den Pull Up Fall. Beschreiben Sie den Temperaturverlauf. Die Temperatur soll in der Celsius Skala angegeben werden.
- e) Zeichnen Sie das Simulink-Schaltbild für einen PI-Regler. Zeichnen Sie das dynamische Verhalten. Welche Nachteile hat ein einfacher P-Regler gegenüber dem PI-Regler?
- f) Definieren Sie die Wärmeübertragungsmechanismen, die bei der Simulation der Flugzeughaut eine Rolle spielen.
- g) Begründen Sie warum für die Crown eine dynamische Simulation nicht unbedingt nötig wäre.