

Tentamen i TMV040 Tillämpad matematik K, 2003–05–24

Telefon: Alexander Herbertsson, 0740–459022 (Stig Larsson 0733–409 006)

Inga hjälpmedel. Kalkylator ej tillåten. Tabell för Laplacetransform från kompendiet på baksidan av detta blad.

Betygsgränser: 20–29 poäng 3, 30–39 poäng 4, 40–50 poäng 5.

1. (10 p) Funktionen f är udda och periodisk med period 6 och $f(t) = 1$ för $0 < t < 1$, $f(t) = 0$ för $1 < t < 3$. Rita dess graf och bestäm dess Fourierserie. Rita amplitudspektrum (de första 7 termerna räcker).

2. (15 p) En rak jämntjock stav utan inre värmekällor har isolerad mantelyta. Temperaturen vid $t = 0$ är 1. För $t > 0$ hålls begränsningsytorna vid $x = 0$ och $x = 1$ vid temperaturen 0.

(a) Ge differentialekvation, randvillkor och begynnelsevillkor för beräkning av temperaturen $u(x, t)$.

(b) Beräkna $u(x, t)$ med hjälp av variabelseparationsmetoden (Fouriers metod).

3. (10 p) Betrakta begynnelsevärdesproblemet

$$(1) \quad \begin{aligned} u''(t) + 3u'(t) + 2u(t) &= 0 \\ u(0) = u_0, \quad u'(0) &= u_1. \end{aligned}$$

(a) Lös (1) med hjälp av metoden med karakteristisk ekvation.

(b) Lös (1) med hjälp av metoden med Laplacetransform.

(c) Skriv (1) som ett system av ODE av första ordningen. Lös detta med hjälp av egenvektormetoden.

(d) Beskriv hur man löser detta system med hjälp av Matlab.

(e) Diskutera systemets stabilitet.

4. (15 p) Tankreaktorn. Balansekvationerna för massa Vc [mol] och värmeenergi $\rho c_p VT$ [J] för en tankreaktor är

$$(2) \quad \begin{aligned} \frac{d}{dt}(Vc) &= q(c_f - c) - Vck_0 \exp(-E/(RT)), \\ \frac{d}{dt}(\rho c_p VT) &= \rho c_p q(T_f - T) + (-\Delta H)Vck_0 \exp(-E/(RT)) - \kappa A(T - T_K). \end{aligned}$$

(a) Inför nya variabler $X_1 = c/c_f$, $X_2 = T/T_f$, $U_1 = q/q_f$, $U_2 = T_K/T_f$, där c_f , T_f , q_f är (lämpligt valda) konstanter. Visa hur systemet (2) kan skrivas på dimensionslös form

$$\begin{aligned} \frac{dX_1}{ds} &= U_1(1 - X_1) - X_1 f(X_2), \\ \frac{dX_2}{ds} &= U_1(1 - X_2) + \alpha X_1 f(X_2) - \beta(X_2 - U_2), \end{aligned}$$

där $f(X_2) = \delta \exp(\gamma - \gamma/X_2)$, $\gamma = E/(RT_f)$. Vad blir då α, β, δ ?

(b) Antag att man har bestämt α, γ och δ till 0.3, 30, respektive 0.1. Bestäm styrvariablerna \bar{U}_1 och \bar{U}_2 så att systemet får en stationär lösning vid $\bar{X}_1 = 0.5$ och $\bar{X}_2 = 1$.

(c) Linjärisera systemet kring den stationära lösningen i (b). För vilka värden på β är den stationära lösningen stabil? Vad betyder detta fysikaliskt?

Tips: räkna approximativt i (b) och (c). Obs att $f(1) = 0.1$ och $f'(1) = 3$, $\alpha f(1) = 0.03 \approx 0$. Dvs sätt 0 i nedre vänstra hörnet av Jacobimatrisen.

/stig