

Master study
Systems and Control Engineering
Department of Technology
Telemark University College
DDiR, August 21, 2007

SCE1106 Control Theory

Exercise 3

Contents

1 System theory

1. State space models, *proper*, *strictly proper*, linear and nonlinear, continuous time and discrete time.
2. Controllability, controllability gramian, Lyapunovs matrix equation, stabilizability, steady state controllability, observability Gramian.
3. Transfer matrix models, MIMO systems.
4. Poles in MIMO systems, pole polynomial.
5. Zeroes and poles in MIMO systems, The generalized eigenvalue method (state space), sub determinant method (frequency analysis method).
6. Controlling MIMO systems with zeroes in the right half plane.
7. Singular value decomposition (SVD).

Remarks: Gramian matrices and Lyapunov equations is central in connection with the Riccati equation. The controllability and observability Gramian methods is to be preferred for numerical analysis of controllability and observability, due to more robust and precise computations.

2 Control strategies for MIMO systems

1. Decoupled, SISO systems.
2. MIMO P-controller, MIMO PI-controller, MIMO system controlled by single loop controllers.
3. State feedback, output feedback.
4. Decoupling, series compensation.
5. Multivariable control with state estimation.
6. Property control and soft-sensors.

3 Synthesis of MIMO control systems

1. Dekopling, ulineær dekobling, linearisering ved tilbakekopling, design ved seriekompensasjon.
2. Modalregulering, MIMO P- og PI-regulering.
3. Multivariabel regulering med tilstandsestimering. Separasjon i regulerings- og estimeringsdel.

4 Optimal control, continuous systems

1. Problemstilling. (optimalregulering).
2. Eksempler på kriterier, lineære og kvadratiske, LQ.
3. Formulering av maksimumsprinsippet (Pontryagin).
4. Lineære prosesser med kvadratiske kriterier (LQ problemer)
5. Utleddning av Hamilton Jacobiligningen.
6. Utleddning av endelig tid LQ problem vha. Hamilton - Jacobi.

5 Stabilitet og vektmatriser i LQ optimale systemer

1. Krav til vektmatrisene for stabilitet i LQ systemer.
2. Spesifisert grad av stabilitet i optimale LQ systemer.
3. Valg av vektmatriser Q og P.

6 Optimal foroverkopling fra referanse og forstyrrelse

1. Lineære systemer med forstyrrelse, optimaliserende foroverkopling.
2. Optimaliserende følge systemer.
3. Omegnsmodeller og augmentering for formulering av standard LQ problem.

7 Sentrale begreper

1. Estimator - regulator dualitet.
2. Separasjonsteoremet.

8 Optimaliserende regulering, diskrete systemer

1. Diskretisering av kontinuerlige tilstandsrom-modeller, θ metoder for diskretisering, e.g. Eksplisitt og implisitt Euler, trapesmetoden.
2. Diskretisering av kontinuerlig regulatorer og estimatorer, LQ/LQG.
3. Optimalregulering av diskrete systemer. Det diskrete maksimumsprinsipp.
4. Den diskrete Riccati ligning.

9 Optimaliserende reguleringsstrukturer med integralvirkning

1. Multivariabel P (PD) regulator.
2. Multivariabel PI regulator, utledning.

10 LQG regulering

1. Linear Quadratic Gaussian (LQG) regulering, diskret og kontinuerlig.
2. Stokastisk optimalregulering, diskret.
3. Kalman filter algoritme for direkte implementering i prosess reguleringsystemer.

11 Robust design og analyse

1. Fase- og forsterknings-marginer i LQ systemer.
2. Robust stabilitet og ytelse.
3. MIMO frekvensplan analyse, Bode og Nyquist.
4. "Small gain" teoremet.
5. LQG vs LTR og H_∞ design.
6. Tilstandsrom H_∞ design. H_∞ vs H_2 . Sammenhenger og forskjeller mellom H_∞ og standard LQ/LQG løsning.

Plan for siste halvdel av semesteret

uke 44 Optimalregulering av diskrete systemer.

Pensum fra kompendium.

uke 45 Optimalregulering av diskrete systemer.

Pensum fra kompendium.

uke 46 Robusthet i LQ og LQG systemer. Pensum fra notat.

Optimalregulering og optimal estimering. Pensum fra kompendium.

uke 47 Optimalregulering og prediktiv regulering.

Kompendium og artikkel, Di Ruscio and Foss (1998).

uke 48 Ulineær dekobling. Oppsummering.

Pensum fra kompendium. Tillegg fra notat.