**Säätötekniikka: Termejä ja selityksiä.**

**Ohjaus** Prosessin hallintatapa, jossa signaali kytketään toimilaitteen kautta prosessin tulomuuttujaksi. Määräytyy yleensä prosessin lähtösuureen tavoitearvon kautta suoraan. Ei siis määräydy takaisinkytkennästä.

**Säätö:** Prosessin hallintatapa, jossa takaisinkytkennän ja halutun prosessin lähtösuureen (referenssin) avulla määräytyvä signaali ohjataan toimilaitteen kautta prosessin tulosuureeksi.

**Kompensointi** Yleensä tarkoittaa sitä, että säädettävän prosessisuureen vaihtelua pyritään vähentämään mittaamalla suoraan häiriösuuretta ja huomioimalla tämä ohjauksessa. Englanninkielinen termi *feedforward control* tarkoittaa tätä. Yleisemmin kompensointi tai kompensaattorin käyttö voi myös tarkoittaa sellaista säätäjää, joka on suunniteltu kompensoimaan jokin häiriö tai muuten saavuttamaan halutut suoritusarvot (esim. taajuuskompensaattorit ja niiden suunnittelu).

**Staattinen malli** Prosessimalli jossa lähtösuureen arvo määräytyy suoraan tulosuureen funktiona ilman aikariippuvuutta. Ilmaistaan suoraan algebrallisena lausekkeena.

**Dynaaminen malli** Prosessimalli, jossa lähtösuure elää ajassa tulosuureen muutoksen jälkeenkin. Ilmaistaan yleensä differentiaali- tai differenssiyhtälönä.

**Lineaarinen malli** Matemaattinen malli, joka toteuttaa lineaarisuuden ehdot. Differentiaaliyhtälömalleissa esimerkiksi



 on lineaarinen, koska siinä ei esiinny funktioiden kerto- tai jakolaskuja, juuren ottoa, potenssiin korottamista, trigonometrisiä funktioita jne. Siis yhtälö voi sisältää aikaderivaattoja, vakiolla kertomisia, sekä yhteen- ja vähennyslaskuja.

**Epälineaarinen malli** Malli muotoa



 Joka ei toteuta lineaarisuuden ehtoja (ei esim. voida kirjoittaa edeltävän mallin muotoon) on epälineaarinen malli. Tavallisesti kaikki prosessit ovat enemmän tai vähemmän epälineaarisia, mutta niitä voidaan usein approksimoida lineaarimalleilla, joista jokainen pätee hyvin tietyn toimintapisteen ympäristössä.

**Kaskadisäätö** Säätörakenne, jossa on kaksi takaisinkytkentää: ulompi hitaampi säätäjä antaa säätösuureen, jonka nopeampi silmukka toteuttaa edelleen takaisinkytkettyä säätöä käyttämällä. Esimerkiksi ulompi säätäjä voi antaa ohjauksen venttiilin läpi menevälle virtaukselle, ja sisempi säätäjä toteuttaa tämän säätämällä dynamiikkaa sisältävän venttiilin asennoitinta.

**Jatkuva-aikainen**

**/diskreettiaikainen malli** Jatkuva-aikainen malli toimii nimensä mukaisesti jatkuvassa ajassa, kuvataan esimerkiksi differentiaaliyhtälöillä. Diskreettiaikainen malli toimii tietyin aikavälein (diskretointiväli). Se kuvataan yleensä differenssiyhtälöillä.

**Aikavariantti**

**/aikainvariantti malli** Malli on aikainvariantti, jos sen parametrit ovat vakioita, aikavariantti jos ne ovat ajan funktioita. Esimerkiksi malli

$m\ddot{x}\left(t\right)+B\dot{x}\left(t\right)+kx\left(t\right)=F(t)$

 on aikainvariantti lineaarinen malli, kun *m*, *B* ja *k* ovat vakioita. Jos vaikkapa massa *m* = *m*(*t*) on ajan funktio, malli on aikavariantti. Differentiaaliyhtälö on edelleen täysin pätevä, mutta Laplace-muunnos ja siirtofunktioesitys eivät ole enää käyttökelpoisia. Tilaesitys on edelleen olemassa, tosin sekin aikavariantti, lineaarinen malli.

**Deterministinen**

**/stokastinen malli** Deterministinen malli ei sisällä tilastollisesti (todennäköisyysjakaumiin perustuvia tai siten mallinnettavia) häiriöitä. Deterministinen malli ei sisällä tällaisia; toki se voi sisältää esimerkiksi askelhäiriöitä, impulssihäiriöitä, sinimuotoisia häiriöitä tms.

**MIMO/SISO-malli** MIMO-multiple input-multiple output-malli eli se sisältää useita tuloja ja useita lähtösignaaleita. SISO=single input-single output-malli, jossa on vain yksi tulo- ja yksi lähtösignaaali. Kuvauksia voi yhdistää, esim. SIMO=single input, multiple output.

**Koottujen parametrien**

**/jakautuneiden paramet-**

**rien mallit** Jakautuneiden parametrien mallit riippuvat ajasta ja paikasta, ja ne edellyttävät osittaisdifferentiaaliyhtälöiden käyttöä, esim.



 Koottujen parametrien malleissa ei ole paikkariippuvuutta, ja ne voidaan mallintaa differentiaaliyhtälöillä kuten

 $m\ddot{x}\left(t\right)+B\dot{x}\left(t\right)+kx\left(t\right)=F(t)$

 Hankalia jakautuneiden parametrien malleja voidaan kuvata jakamalla systeemi pieniin alueisiin, jotka kukin voidaan kuvata koottujen parametrien malleilla. Koko systeemi on sitten suuri joukko koottujen parametrien malleja. Ns. FEM-laskenta (finite element methods) perustuu tähän.

**Parametroitu**

**/ei-parametroitu malli** Parametroitu malli on rakenteellinen malli, esim. $m\ddot{x}\left(t\right)+B\dot{x}\left(t\right)+kx\left(t\right)=F(t)$

jossa parametrit yhdessä mallin rakenteen kanssa määrittelevät muuttujien väliset riippuvuudet. Ei-parametroitu malli on esimerkiksi aikasarjana (datapisteittäin) annettu painofunktio, joka määrää tulo- ja lähtösignaalien välisen riippuvuuden. (Esimerkiksi mitään differentiaaliyhtälöä ei siis tämän mallin ole käytettävissä.)

**Kokeellinen/teoreettinen**

**malli** Teoreettinen malli, usein ns. ”first principles”-malli, saadaan fysiikan lakien perusteella, esimerkiksi Newtonin 2. laki jne. Tyypillisesti perusyhtälöitä on useita tai suuri määrä, ja ne yhdessä mallintavat prosessin käyttäytymisen. Kokeellinen malli saadaan tekemällä prosessikokeita syöttämällä tulosuureisiin signaaleja, mittaamalla lähtösuureita ja rakentamalla näiden perusteella malli. Usein näin saatu malli on ei-parametroitu malli. Kokeellinen malli muodostetaan yleensä silloin, kun prosessia ei osata mallintaa perusfysiikasta tai kemiasta lähtien. Saadun aikasarjamallin (ei-parametroidun mallin) käsittelyyn on olemassa menetelmiä. Usein ne perustuvat siihen, että mallia approksimoidaan rakenteellisin mallein.

**Kvalitatiivinen/**

**kvantitatiivinen malli** Kvantitatiivinen eli laskennallinen malli eroaa kvalitatiivisesta eli kuvaavasta mallista siinä, että jälkimmäinen perustuu esimerkiksi sanalliseen kuvaukseen. Kvalitatiivinen malli on hyödyllinen, kun halutaan ymmärtää prosessia ja rakentaa hyvin määritelty säätötehtävä. Tämän jälkeen varsinaisessa suunnittelussa on siirryttävä kvantitatiiviselle puolelle.

**Matemaattinen/**

**Ei-matemaattinen malli** On tässä yhteydessä samastettavissa kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen mallin kanssa.

**Lokaali/Globaali malli** Liittyy siihen, mikä on se soveltamisalue, jossa malli on pätevä eli ”riittävän” tarkka. Esimerkiksi linearisoitaessa epälineaarinen tilamalli toimintapisteen läheisyydessä tapahtuville muutoksille, tällöin linearisoitu malli on lokaali eli sitä voidaan käyttää kyseisen toimintapisteen läheisyydessä. Globaali malli tai ominaisuus on toimintapisteestä riippumaton, esimerkiksi epälineaariset yhtälöt, jotka kuvaavat prosessin käyttäytymisen fysiikan peruslaeista johdettuna.

**Tilaesitysmalli** Systeemin tulo-lähtökäyttäytyminen kuvataan 1. kertaluvun differentiaaliyhtälöryhmämä sekä erillisenä lähtöyhtälönä. Differentiaaliyhtälöiden *tilat* kuvaavat systeemin sisäisiä muuttujia. Ne voivat olla fysikaalisia suureita tai sitten vain abstrakteja muuttujia. Oleellista on, että kun systeemin *tila* (tilamuuttujien arvot) jollakin ajan hetkellä tunnetaan ja ohjausmuuttujan arvo samoin tunnetaan, tila voidaan päivittää ja lähtösuure laskea. Siis tilamalli mallintaa systeemin tulo-lähtö-käyttäytymisen. Tilamalli sopii sekä lineaarisille että epälineaarisille systeemeille, jotka voivat kummassakin tapauksessa olla aikainvariantteja tai aikavariantteja.

**Siirtofunktiomalli** Mallintaa systeemin tulo-lähtökäyttäytymisen Laplace-tasossa. Systeemiä kuvaavat differentiaaliyhtälöt on Laplace-muunnettu, jonka jälkeen tulo- ja lähtösignaalien välinen riippuvuus (s-tasossa) saadaan algebrallisena yhtälönä. Sopii ainoastaan lineaarisille (tai toimintapisteessä linearisoiduille) systeemeille. Samoin sopii ainoastaan aikainvarianteille prosesseille.

**Toimintapiste** Tilamalli on *toimintapisteessä*, kun tulo- ja lähtösignaalit sekä tilat eivät muutu. Tämä tarkoittaa, että tilamuuttujien derivaatat ovat nollia. Tarkoittaa esimerkiksi tapausta, jossa säiliön nestetilavuus / pinnankorkeus pysyvät vakioina tietyillä tulo- ja lähtövirtauksen arvoilla. Epälineaarista toimintapisteessä olevaa mallia voidaan approksimoida linearisoimalla se toimintapisteessä. Tällöin saadaan lineaarinen malli, joka pätee sitä paremmin mitä lähempänä toimintapistettä ollaan. Vrt. esim. käyrän approksimointi tietyn pisteen kautta kulkevalla tangentilla.