

Diagnos i fordon och andra tillämpningar

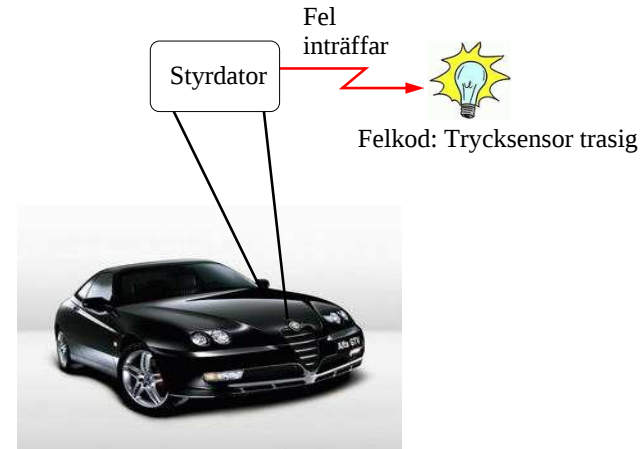
Erik Frisk
frisk@isy.liu.se
Institutionen för systemteknik
Linköpings universitet

8 oktober, 2007

Vad är diagnos?

Diagnos är att automatiskt, och helst under normal drift,

- **detektera** fel.
- (ibland) **isolera** fel, dvs. peka ut vilken komponent som är trasig.



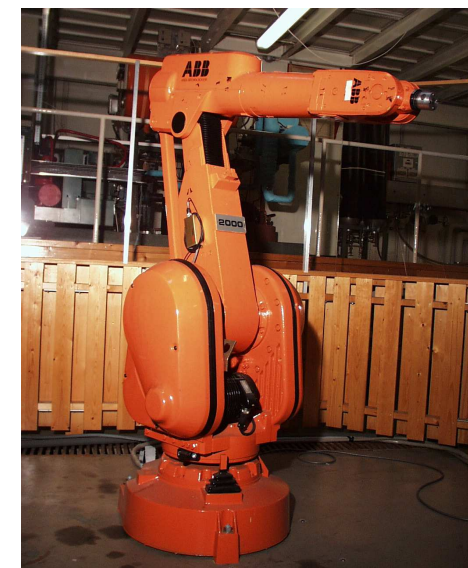
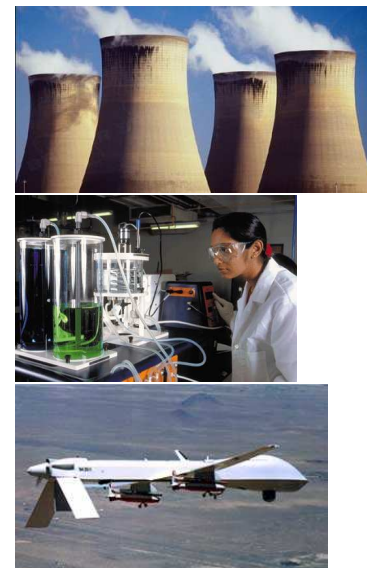
Varför diagnos i fordon?

- Lagkrav ställer hårdare och hårdare krav. Ursprungligen från Kalifornien OBD/OBD-II osv. men nu även i resten av USA/Europa.
- Även för lastbilar (2005 basic Euro 4, 2006 Euro 4, 2008 Euro 5)
- Tillgänglighet, reparerbarhet, mekanikerstöd
- Stor andel av utsläpp från bilar sker från bilar med felaktiga komponenter i emissionskontrollen (mer än 50% av emissionerna).

Vad krävs?

- Alla komponenter som kan påverka emissioner måste diagnostiseras.
- Till exempel, i bränslesystemet måste ett hål med 0.5 mm diameter detekteras (från 2000 i OBD-II)

Varför diagnos i andra tillämpningar?



Process Equipment Maintenance costs

■ From a report by DuPont¹...

In many plants, maintenance budget is about 2/3 of annual net profit
Maintenance is today the largest single controllable expenditure in a plant



■ From study by Dow Chemicals²

Cost of unnecessary maintenance about the same size as plant profit



■ From a study by ARC (November 2003)

Asset management activities (checking, troubleshooting, calibration, repairs) are one of the leading time consuming activities. 80% of the survey see it as important /extremely important to reduce it



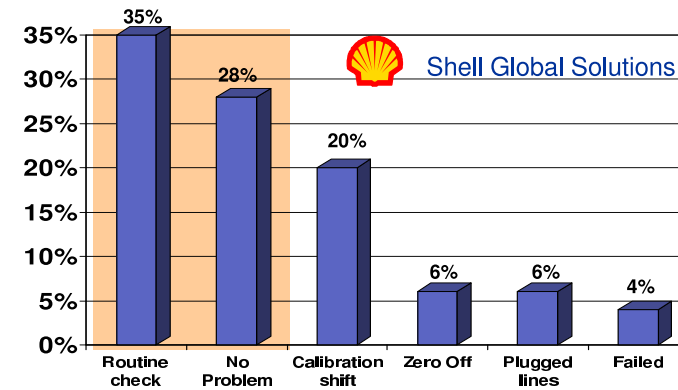
Maintenance costs represent a huge savings opportunity!

© ABB CM & D

1 3rd. largest Chemical Company worldwide with 27 Billion USD in sales, 81,000 Employees and 12.5% Sales growth in 1 year
2 2nd largest Chemical Company worldwide with 32 Billion USD in sales, 46,000 Employees, and 18% Sales growth in 1 year
Source: Hoovers.com October 21, 2004

Instruments Preventive Maintenance

Potential for Predictive Maintenance with pressure transmitters

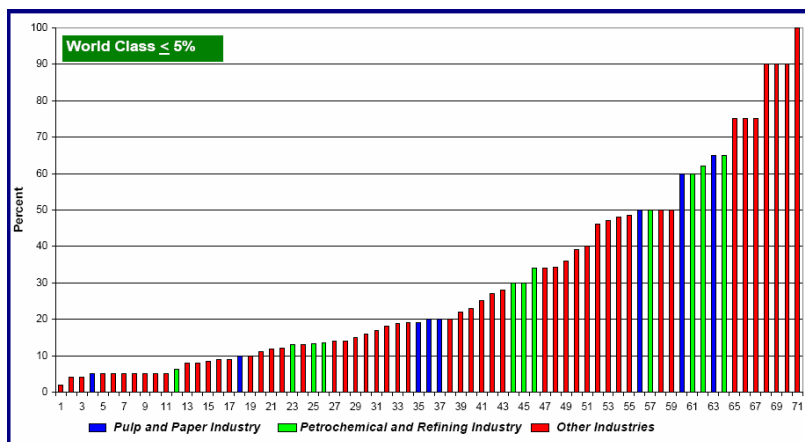


Shell Global Solutions

**63% of instrument maintenance labor results in no action taken
= waste of resources**

© ABB CM & D

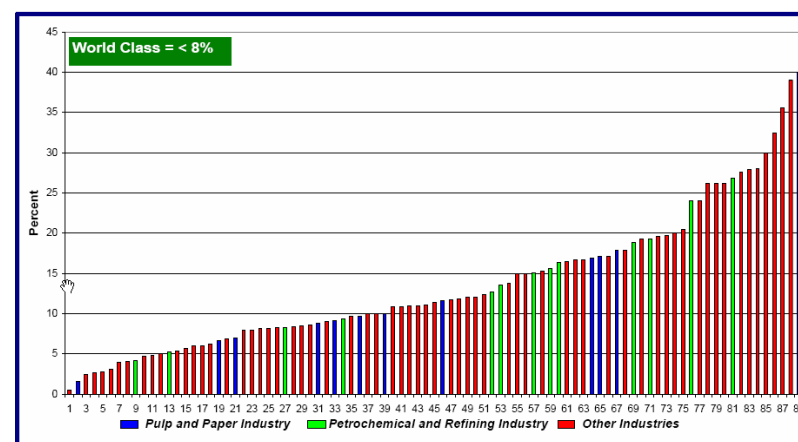
Unplanned maintenance Benchmarks



ABB's Consulting Services data source

© ABB CM & D

Maintenance Overtime - Benchmarks



ABB's Consulting Services data source

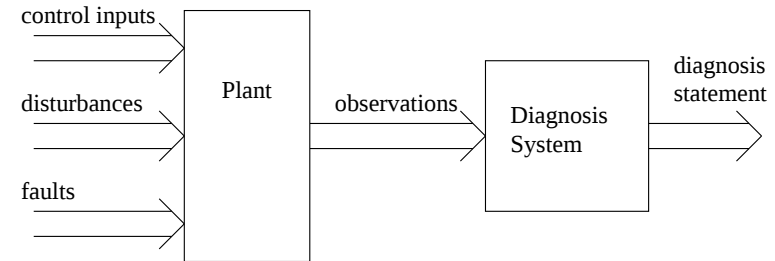
© ABB CM & D

Ett svårt problem

- En anseelig del av styrsystemskoden är diagnoskod (mer än 50% är en siffra som ibland nämns)
- Något som tidigare gjorts efteråt i "mån av tid" vill man nu göra parallellt med övrig konstruktion.
- Konstruktion för diagnos (ex.vis sensorplacering, val av sensorer etc.)

Metodik krävs men saknas!

Vad är diagnos?



Diagnos

Givet observationer, **en** diagnos är **en** utsaga om komponenternas tillstånd som kan förklara observerat beteende.

Diagnossystem

Givet observationer: Hitta **alla** diagnoser.

$$\text{alla diagnoser} = f(\text{observationer})$$

Traditionell diagnos och modellbaserad diagnos

- hårdvaruredundans
- tröskling av mätsignaler (limit-checking)
- hastighetsbegränsning av fysikaliska storheter (rate-limit)
- ofta olika begränsningar i olika arbetsområden

Traditionell diagnos **är** modellbaserad diagnos. Bara med väldigt enkla modeller.

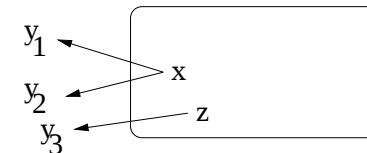
Med mer avancerade modeller så kan man öka diagnosprestandan: snabbare detektion, mer exakt felisolering, färre falsklarm etc. Allt till priset av mer modellarbete och svårare designuppgifter.

Möjligheten finns också att minska antalet sensorer, både för reglering och diagnos.

Redundans, modeller och modellbaserad diagnos

Förutsättningen för all diagnos är **redundans** som kan tillhandahållas av:

- Extra hårdvara, exempelvis flera sensorer som mäter samma storhet
- Modeller!

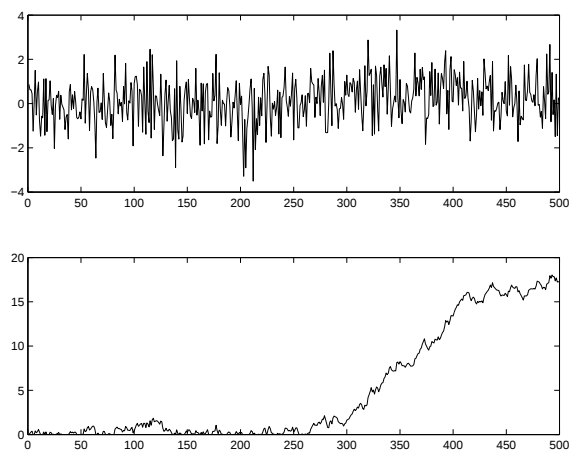


$$r_1 = y_1 - y_2$$

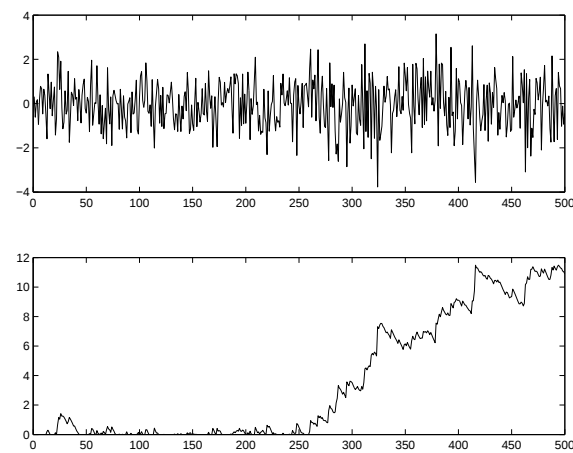
$$r_2 = y_1 - f(y_3)$$

$$r_3 = y_2 - f(y_3)$$

Vart byter mätsignalen nivå?



Vart byter mätsignalen intensitet?



Felisolering

$y_1 = 2u$
 $y_2 = 4u + 1$

Antag y_1, y_2 och u är kända, då kan tre residualer bildas

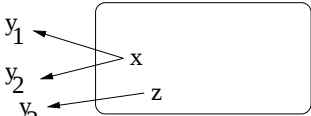
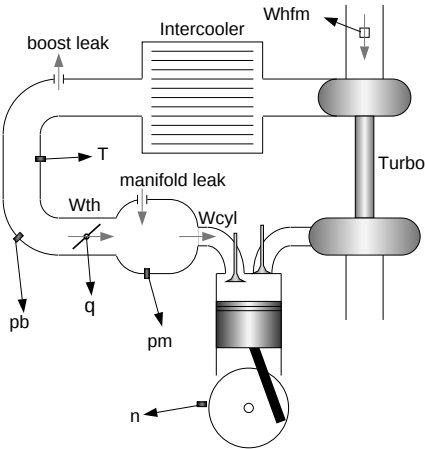
$r_1 = y_1 - 2u, \quad r_2 = y_2 - 4u - 1, \quad r_3 = 2y_1 - y_2 + 1$

Alla är 0 då ekvationerna är uppfyllda, dvs. processen uppför sig som förväntat.
De tre residualerna reagerar olika på fel i sensorer och aktuatorer

⇒ Isolationsmöjligheter

	f_1	f_2	f_u
r_1	X		X
r_2		X	X
r_3	X	X	

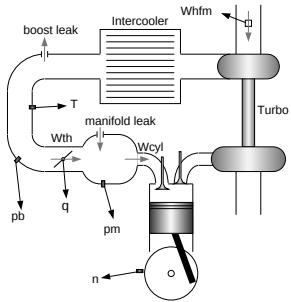
Exempel: Diagnos på en produktionsmotor



Samma tänk som för det enkla fallet, bara mer avancerade modeller

Lite olika typer av fel, kräver olika typer av modeller och därmed olika typer av signalbehandling.

Exempel på analytisk redundans i motorn



$$W_{cyl} = f_1(n, p_m)$$

$$W_{th} = f_2(\alpha, p_m, p_b)$$

Statiskt så gäller att $W_{hfm} = W_{th} = W_{cyl}$ om allt fungerar.

$$r_1 = W_{hfm} - W_{th} = W_{hfm} - f_2(\alpha, p_m, p_b)$$

$$r_2 = W_{hfm} - W_{cyl} = W_{hfm} - f_1(n, p_m)$$

$$r_3 = W_{cyl} - W_{th} = f_1(n, p_m) - f_2(\alpha, p_m, p_b)$$

Dessa är alla känsliga för **olika** fel $\Rightarrow$ möjlighet till felisolation.

Modellering

Samma typ av medelvärdesmodell som ni redan sett i kursen används även här. Tex. flödet förbi trotteln modelleras av

$$W_{th} = \frac{K_{th} p_{boost}}{\sqrt{T}} \Psi\left(\frac{p_{man}}{p_{boost}}\right)$$

där

$$\Psi\left(\frac{p_{man}}{p_{boost}}\right) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \left\{ \left(\frac{p_{man}}{p_{boost}}\right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{p_{man}}{p_{boost}}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}} \right\}} & \text{om } \left(\frac{p_{man}}{p_{boost}}\right) \geq \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \\ \sqrt{\kappa \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa-1}}} & \text{f.ö.} \end{cases}$$

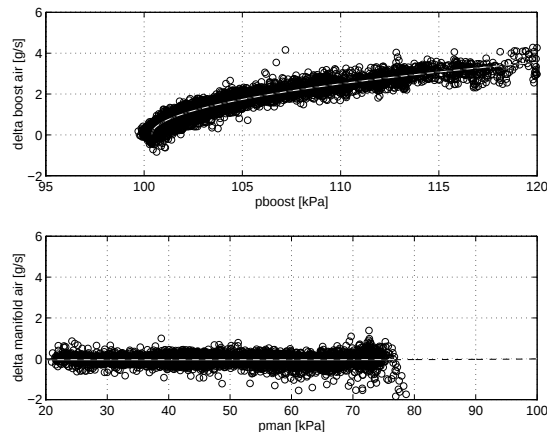
Felmodellering: Läckage innan/efter trottel

Inte bara felfritt fall behöver modelleras, även felen som ska detekteras och isoleras behöver modelleras.

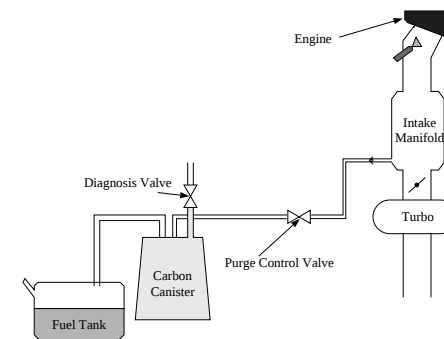
$$W_{boostLeak} = k_b \frac{p_b}{\sqrt{T}} \Psi\left(\frac{p_{amb}}{p_b}\right)$$

$$W_{HFM} = W_{th} + W_{boostLeak}$$

där k_b är **effektiv area** hos läckan.



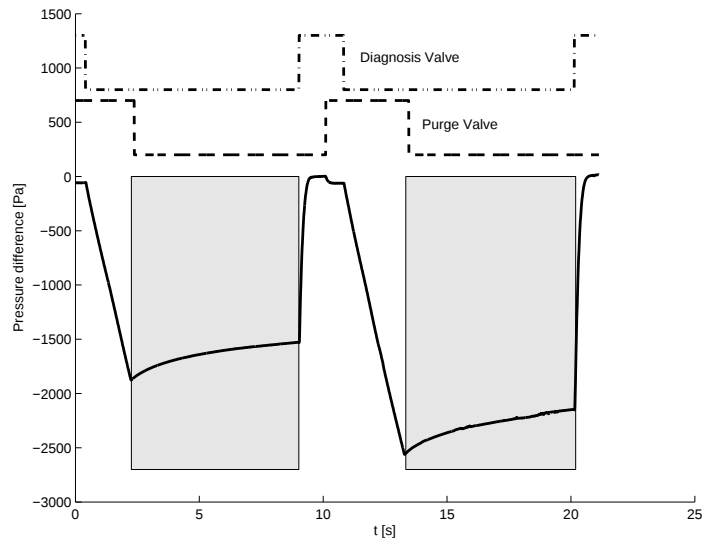
Evaporative Systems Monitoring



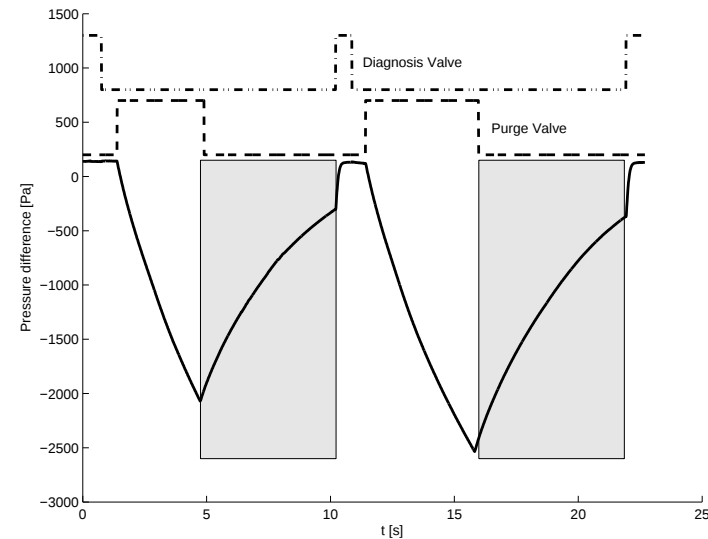
The OBDII system shall detect an evaporative system malfunction when the complete evaporative contains a leak or leaks that cumulatively are greater than or equal to a leak caused by a 0.040diameter orifice.

- California Air Resource Board, OBDII regulations, section 1968.2, Title 13.

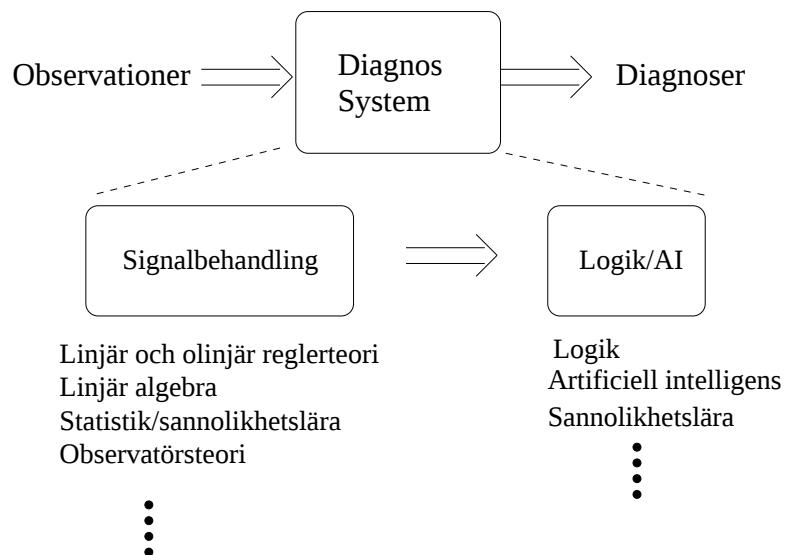
Trycksignalen då tanken är tät



Trycksignalen med ett 1mm hål



Överblick av ett diagnosystem



TSFS06: Diagnos och övervakning

Om det låter intressant så rekommenderas vår kurs:

TSFS06, Diagnos och övervakning är en unik kurs i Sverige, inget annat lärosäte erbjuder en kurs helt inriktad mot diagnos.

- 4 poäng/6 ECTS.
- Börjar i mars.
- Teoretisk och metodikinriktad.
- Närmast tvärvetenskaplig kurs. Använder kunskap från många olika ämnen, till exempel: reglerteknik/signalbehandling, statistik/sannolikhetslära, och logik/artificiell intelligens.
- Kurs inom ett mycket forskningsintensivt ämne.
- Kursinnehåll nära forskningsfronten.
- Många möjligheter till exjobb.