

# Testprotokoll

## Estimering och övervakning av avgasmottryck i en dieselmotor

Version 1.0

Dokumentansvarig: Gustav Hedlund  
Datum: 12 maj 2008



### Status

Granskad		
Godkänd		

---

Kursnamn: Reglerteknisk projektkurs  
Projektgrupp: Scania-gruppen  
Kurskod: TSRT71  
Projekt: Avgasmottryck i en dieselmotor

Dokumentansvarig: Gustav Hedlund  
Dokumentansvariges E-mail: gushe376@student.liu.se  
Dokument: Testprotokoll.pdf

## Projektidentitet

**Hemsida:**

**Beställare:** Erik Frisk, Linköping Universitet  
**Telefon:** 013 285714 , **E-mail:** frisk@isy.liu.se

**Kund:** Lars Eriksson, Scania CV AB  
**Telefon:** 08 55351497 , **E-mail:** lars\_x.eriksson@scania.com

**Kursansvarig:** Daniel Axehill, Linköping Universitet  
**Telefon:** 013 284042 , **E-mail:** daniel@isy.liu.se

**Projektledare:** Johan Winberg

**Handledare:** Carl Svärd, Scania CV AB  
**Telefon:** 08 55352384 , **E-mail:** carl.svard@scania.com

## Gruppdeltagare

Namn	Ansvarsområde	Telefon	E-mail (@student.liu.se)
Hanna Amlinger	Testansvarig (TA)	073 6100790	hanam201
Kim Andersson		070 4050131	kiman276
Christoffer Bergström	Designansvarig (DA)	070 2757633	chrbe637
Gustav Hedlund	Dokumentansvarig (DOK)	070 2958033	gushe376
Gunnar Höckerdal		0705633791	gunha689
Peter Nowén	Presentationsansvarig (PR)	070 7343913	petno711
Johan Winberg	Projektledare (PL)	070 2512970	johwi857

## Dokumenthistorik

Version	Datum	Utförda förändringar	Utförda av	Granskad
1.0	2008-04-30	Godkänd	KA, GHö	
0.1	2008-04-28	Första utkastet	KA, GHö	HA

---

Kursnamn: Reglerteknisk projektkurs  
Projektgrupp: Scania-gruppen  
Kurskod: TSRT71  
Projekt: Avgasmottryck i en dieselmotor

Dokumentansvarig: Gustav Hedlund  
Dokumentansvariges E-mail: gushe376@student.liu.se  
Dokument: Testprotokoll.pdf

# Innehåll

<b>1 Inledning</b>	<b>1</b>
<b>2 Genomförda tester</b>	<b>1</b>
2.1 Modellvalidering . . . . .	1
2.1.1 Test 1, (krav 1,2,4,5) . . . . .	1
2.1.2 Test 2, (krav 1,2,4,5) . . . . .	2
2.2 Känslighetsanalys och utvärdering av sensorer . . . . .	3
2.2.1 Test 3, (krav 6,7,9) . . . . .	3
2.2.2 Test 4, (krav 10) . . . . .	3
2.3 Utvärdering av beslutsvariabel . . . . .	4
2.3.1 Test 5, (krav 3) . . . . .	4
2.4 Implementation . . . . .	5
2.4.1 Test 6, (krav 12,13) . . . . .	5
2.4.2 Test 7, (krav 14) . . . . .	5
2.4.3 Test 8, (krav 15) . . . . .	5
2.4.4 Test 9, (krav 16) . . . . .	6
2.5 Dokumentation . . . . .	6
2.5.1 Test 10, (krav 8,23-28) . . . . .	6
2.5.2 Test 11, (krav 8,23-28) . . . . .	6



# 1 Inledning

I det här dokumentet beskrivs hur testerna har utförts samt vilka resultat dessa gett följt av eventuella kommentarer. Vi har följt testplanen [4] när vi har utfört testerna.

## 2 Genomförda tester

### 2.1 Modellvalidering

Dessa tester genomfördes för att undersöka modellernas korrekthet. De fem mått som användes var

$$\text{Medelvärde av det relativa felet} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|\hat{x}(t_i) - x(t_i)|}{|x(t_i)|} \quad (2.1)$$

$$\text{Medelvärde av absoluta felet} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{x}(t_i) - x(t_i)| \quad (2.2)$$

$$\text{Maximala relativa felet} = \max_{1 \leq i \leq n} \frac{|\hat{x}(t_i) - x(t_i)|}{|x(t_i)|} \quad (2.3)$$

$$\text{Maximala absoluta felet} = \max_{1 \leq i \leq n} |\hat{x}(t_i) - x(t_i)| \quad (2.4)$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (x(t_i) - \hat{x}(t_i))^2} \quad (2.5)$$

där  $x(t_i)$  är det verkliga tillståndet och  $\hat{x}(t_i)$  är det skattade tillståndet för det  $k$ :te samplet, (d.v.s. resultatet av den öppna simuleringen) och  $N$  är antalet sampel i sekvensen.

Det mått som är mest intressant är medelvärdet av det relativa felet.

#### 2.1.1 Test 1, (krav 1,2,4,5)

Modellen av  $p_{es}$  och  $T_{es}$  simulerades i varje testfall med angivet mätdata och resulterade i följande värden på de fem måtten:

**Testfall A,  $p_{es}$ :** Simulerad vägdata

Medelvärde av det relativa felet: 11,86%  
Medelvärde av absoluta felet, [Pa]: 12298  
Maximala relativa felet: 64,08%  
Maximala absoluta felet, [Pa]: 65990  
RMSE, [Pa]: 13216

**Testfall B,  $p_{es}$ :** Stationär testcelldata (ESC)

Medelvärde av det relativa felet: 24,67%  
Medelvärde av absoluta felet, [Pa]: 26172  
Maximala relativa felet: 58,63%



Maximala absoluta felet, [Pa]: 60607  
RMSE, [Pa]: 32193

**Testfall A**,  $T_{es}$ : Simulerad vägdata

Medelvärde av det relativa felet: 6,79%  
Medelvärde av absoluta felet, [K]: 37,99  
Maximala relativa felet: 100,00%  
Maximala absoluta felet, [K]: 561,30  
RMSE, [K]: 42,68

**Testfall B**,  $T_{es}$ : Stationär testcelldata (ESC)

Medelvärde av det relativa felet: 10,20%  
Medelvärde av absoluta felet, [K]: 57,55  
Maximala relativa felet: 100,00%  
Maximala absoluta felet, [K]: 604,30  
RMSE, [K]: 101,20

Rent allmänt tyder testet på ganska höga medelvärden av relativa felet, främst för  $p_{es}$ .

**Test godkänt / ej godkänt:** Godkänt  
**Utfört av, datum:** KA, GHö, 28/4-08

### 2.1.2 Test 2, (krav 1,2,4,5)

Modellen av  $p_{im}$  simulerades i varje testfall med angivet mätdata och resulterade i följande värden på de fem mätten:

**Testfall A:** Simulerad vägdata

Medelvärde av det relativa felet: 4,31%  
Medelvärde av absoluta felet, [Pa]: 5897,3  
Maximala relativa felet: 34,76%  
Maximala absoluta felet, [Pa]: 65779  
RMSE, [Pa]: 7178,5

**Testfall B:** Stationär testcelldata (ESC)

Medelvärde av det relativa felet: 3,63%  
Medelvärde av absoluta felet, [Pa]: 6059,3  
Maximala relativa felet: 43,99%  
Maximala absoluta felet, [Pa]: 86430  
RMSE, [Pa]: 8458,9

**Testfall C:** Data från kommersiell lastbil

Medelvärde av det relativa felet: 27,97%



Medelvärde av absoluta felet, [Pa]: 44440  
Maximala relativa felet: 182,77%  
Maximala absoluta felet, [Pa]: 206190  
RMSE, [Pa]: 65962

Anledningen till det höga relativa felet i testfall C ovan beror på att lastbilen står still under stora delar av mätsekvensen. Modellen fungerar heller inte för låga laster (se [3]), vilket resulterar i en sämre skattning för detta testfall. För att få en bättre skattning gjordes testfall C om med en mindre mätsekvens där lastbilen rullar hela tiden.

**Testfall C:** Data från kommersiell lastbil (kortare mätsekvens)

Medelvärde av det reaktiva felet: 7,43%  
Medelvärde av absoluta felet, [Pa]: 10627  
Maximala relativa felet: 163,29%  
Maximala absoluta felet, [Pa]: 179130  
RMSE, [Pa]: 19099

Resultatet förbättrades markant när mätdatat låg inom modellens arbetsområde. Några punkter hamnade visserligen fortfarande utanför området och därmed skulle ett ännu bättre resultat kunna förväntas för mätsekvenser som helt ligger innanför området.

**Test godkänt / ej godkänt:** Godkänt  
**Utfört av, datum:** KA, GHö, 28/4-08

## 2.2 Känslighetsanalys och utvärdering av sensorer

Dessa test behandlas i separata dokument.

### 2.2.1 Test 3, (krav 6,7,9)

Testet författades i [1].

**Test godkänt / ej godkänt:** Godkänt  
**Utfört av, datum:** HA, CB, GHe, PN, 28/4-08

### 2.2.2 Test 4, (krav 10)

Testet författades i kapitel 4 i [3].

**Test godkänt / ej godkänt:** Godkänt  
**Utfört av, datum:** JW, 28/4-08



## 2.3 Utvärdering av beslutsvariabel

### 2.3.1 Test 5, (krav 3)

För att kunna avgöra om beslutsalgoritmen larmar när den ska gjordes tester i två fall. I varje fall testades beslutsalgoritmen vid 12 olika arbetspunkter (samma för båda testfallen), där last och motorvarvtal varierades och insugstemperatur hölls konstant. Varje testfall upprepades flera gånger med olika värden på parametern  $\nu$  i CUSUM-testet. Parametern  $h$  hölls konstant då den endast fungerar som ett lågpasfilter mot spikar i residualen.

Larm/falsklarm betecknas med X i tabellerna nedan. Kolumnen längst till höger i testfall A visar andelen falsklarm i procent (FA), medan samma kolumn i tabellen för testfall B visar andel missad detektion i procent (MD).

**Testfall A** Normala omständigheter, inga larm bör förekomma

$n_e$ (rpm)	1100	1100	1100	1100	1350	1350	1350	1350	1600	1600	1600	1600	FA
$L_e$ (%)	26	52	78	100	26	53	78	100	34	58	78	100	
$\nu = 0,8 \cdot 10^4$	-	-	-	X	-	X	X	X	-	-	-	X	42%
$\nu = 1,0 \cdot 10^4$	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	25%
$\nu = 1,2 \cdot 10^4$	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	8%
$\nu = 1,4 \cdot 10^4$	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	8%
$\nu = 1,6 \cdot 10^4$	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	8%
$\nu = 1,8 \cdot 10^4$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%

I tabellen ovan kan ses att falsklarm förekommer främst i arbetspunkten  $(n_e, L_e) = (1350, 100)$ , vilket tyder på att den framtagna modellen är något osäkrare där.

**Testfall B** Önskad omständigheter, larm bör förekomma

$n_e$ (rpm)	1100	1100	1100	1100	1350	1350	1350	1350	1600	1600	1600	1600	MD
$L_e$ (%)	26	52	78	100	26	53	78	100	34	58	78	100	
$\nu = 0,8 \cdot 10^4$	-	-	X	X	-	X	X	X	-	X	X	X	33%
$\nu = 1,0 \cdot 10^4$	-	-	X	X	-	X	X	X	-	X	X	X	33%
$\nu = 1,2 \cdot 10^4$	-	-	X	X	-	X	X	X	-	-	X	X	42%
$\nu = 1,6 \cdot 10^4$	-	-	-	X	-	X	X	X	-	-	X	X	50%
$\nu = 1,8 \cdot 10^4$	-	-	-	X	-	X	X	X	-	-	X	X	50%
$\nu = 2,0 \cdot 10^4$	-	-	-	X	-	X	X	X	-	-	X	X	50%
$\nu = 2,4 \cdot 10^4$	-	-	-	X	-	-	X	X	-	-	X	X	58%
$\nu = 2,8 \cdot 10^4$	-	-	-	X	-	-	X	X	-	-	-	X	67%
$\nu = 3,2 \cdot 10^4$	-	-	-	X	-	-	X	X	-	-	-	X	67%
$\nu = 3,6 \cdot 10^4$	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	X	75%
$\nu = 4,0 \cdot 10^4$	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	83%

I testfall B kan ses att residualen blir som störst vid höga laster.

Då det är bättre att undvika falsklarm än att missa detektion, så bör parametern  $\nu$  enligt detta test väljas till minst  $2,0 \cdot 10^4$ .





För att bekräfta denna valda tröskel, testades beslutsalgoritmen med mätdata från simulerad vägdata från testcell, samt data från en kommersiell lastbil. Datat var sådant att inga larm borde förekomma.

**Testfall C:** Simulerad vägdata

Med den valda tröskeln  $\nu = 2,0 \cdot 10^4$  förekom inga falsklarm.

**Testfall D:** Data från kommersiell lastbil

Samma värde på tröskeln i detta test gav inga falsklarm. Dock kan tröskeln väljas något högre för att få ytterliggare säkerhet. Utifrån tabellen för testfall B ovan, ser man att valet  $\nu = 3,0 \cdot 10^4$  kan vara ett bättre val då förmågan till detektion inte minskar nämnvärt jämfört med användandet av en tröskel på  $\nu = 2,0 \cdot 10^4$ .

**Test godkänt / ej godkänt:** Godkänt

**Utfört av, datum:** KA, GHö, 28/4-08

## 2.4 Implementation

### 2.4.1 Test 6, (krav 12,13)

Modellen av  $p_{es}$  och  $T_{es}$  finns implementerad i en Simulink-modell med tillhörande Matlab-filer.

Modellen av  $p_{im}$  tillsammans med beslutsalgoritm i form av CUSUM-test finns implementerad i en Simulink-modell med tillhörande Matlab-filer.

**Test godkänt / ej godkänt:** Godkänt

**Utfört av, datum:** KA, GHö, 28/4-08

### 2.4.2 Test 7, (krav 14)

Testet författades i [1].

**Test godkänt / ej godkänt:** Godkänt

**Utfört av, datum:** HA, CB, GHe, PN, 28/4-08

### 2.4.3 Test 8, (krav 15)

Detta krav hade prioritet 2 och har inte uppfyllts.

**Test godkänt / ej godkänt:** Ej godkänt

**Utfört av, datum:** KA, GHö, 23/4-08



#### 2.4.4 Test 9, (krav 16)

Detta krav hade prioritet 2 och har inte uppfyllts.

**Test godkänt / ej godkänt:** Ej godkänt

**Utfört av, datum:** KA, GHö, 23/4-08

### 2.5 Dokumentation

#### 2.5.1 Test 10, (krav 8,23-28)

Samtliga dokument är skrivna på svenska och bedöms följa LIPS-standarderna.

**Test godkänt / ej godkänt:** Godkänt

**Utfört av, datum:** KA, GHö, GHe, 28/4-08

#### 2.5.2 Test 11, (krav 8,23-28)

Alla dokument omskrivna i kravspecifikationen [2] är författade.

**Test godkänt / ej godkänt:** Godkänt

**Utfört av, datum:** KA, GHö, GHe, 28/4-08



## Referenser

- [1] *Känslighetsanalys, Estimering och övervakning av avgasmottryck i en dieselmotor.*
- [2] *Kravspecifikation, Estimering och övervakning av avgasmottryck i en dieselmotor.*
- [3] *Teknisk dokumentation, Estimering och övervakning av avgasmottryck i en dieselmotor.*
- [4] *Testplan, Estimering och övervakning av avgasmottryck i en dieselmotor.*