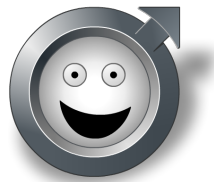


Testprotokoll

FUDGE - The FUn to Drive Generic Engine

Version 1.0

Dokumentansvarig: Johan Nyman
Datum: 15 december 2014



STATUS

| | | |
|----------|----------------------|------------|
| Granskad | Sepehr Kristofersson | 2014-12-11 |
| Godkänd | | |

| | | | |
|-----------|---------------------------|-------------------|-------------------------|
| Kursnamn: | Reglerteknisk projektkurs | Epost: | vicbi302@student.liu.se |
| Kurskod: | TSRT10 | Dokumentansvarig: | Johan Nyman |
| Projekt: | FUDGE | Dokumentnamn: | Testprotokoll |

PROJEKTIDENTITET

Gruppens epost: vichi302@student.liu.se
Hemsida: <http://www.isy.liu.se/edu/projekt/tsrt10/2014/fudge>
Beställare: Lars Eriksson, Linköping University
Epost: larer@isy.liu.se
Kund: Fredrik Wemmert, Volvo Cars Corporation
Epost: fredrik.wemmert@volvocars.com
Kursansvarig: Daniel Axehill, Linköping University
Epost: daniel@isy.liu.se
Handledare: Andreas Thomasson, Linköping University
Epost: andreast@isy.liu.se

| Namn | Huvudansvar | Telefon | E-post (@student.liu.se) |
|----------------------|-------------------------|-------------|-----------------------------|
| Victor Birath | Projektledare | 073-3803759 | vichi302 |
| Christoffer Björck | Scavengingansvarig | 076-3366683 | chrbj434 |
| Tommie Eriksson | ALS-ansvarig | 073-9227513 | tommer022 |
| Oscar Hällman | Testansvarig | 070-0085225 | oscha321 |
| Sepehr Kristofersson | Simulinkansvarig | 073-9194174 | sepkr761 |
| Joel Martinsson | Modellansvarig | 070-2436077 | joema115 |
| Johan Nyman | Dokumentansvarig | 073-4036547 | johny548 |
| Patrik Sjögren | Kvalitet/Designansvarig | 073-3406598 | patsj514 |

DOKUMENTHISTORIK

| Version | Datum | Gjorda förändringar | Utförda av | Granskad |
|---------|------------|--|------------|----------|
| 0.1 | 2014-10-20 | Första utkastet | - | - |
| 0.2 | 2014-11-20 | Andra utkastet Test 1 borttaget Test 4-6 borttaget Test 8 borttaget Test 10-11 borttaget Test 12-18 tillagt | FUDGE | - |
| 1.0 | 2014-12-11 | Första versionen | FUDGE | SK |

INNEHÅLL

| | | |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| 1 | Inledning | 1 |
| 2 | Anpassning av befintlig modell | 1 |
| 2.1 | Test 12 | 1 |
| 2.2 | Test 13 | 2 |
| 2.3 | Test 14 | 3 |
| 2.4 | Test 15 | 3 |
| 2.5 | Test 16 | 5 |
| 2.6 | Test 17 | 6 |
| 2.7 | Test 18 | 7 |
| 2.8 | Test 2 | 8 |
| 3 | Utökning av modell | 11 |
| 3.1 | Test 3 | 11 |
| 4 | Scavenging | 12 |
| 4.1 | Test 7 | 12 |
| 5 | Anti Lag System | 17 |
| 5.1 | Test 9 | 17 |



1 INLEDNING

Syftet med detta dokument är att protokollföra de tester som ska verifiera att de utformade kraven är uppfyllda. Resultaten av testerna listas i detta dokument.

2 ANPASSNING AV BEFINTLIG MODELL

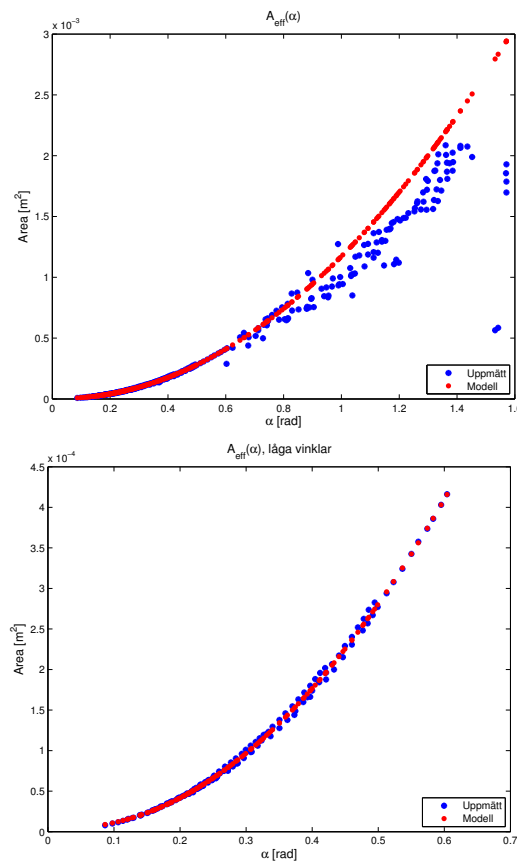
I detta kapitel beskrivs de tester som avser anpassning av den befintliga modellen.

2.1 TEST 12

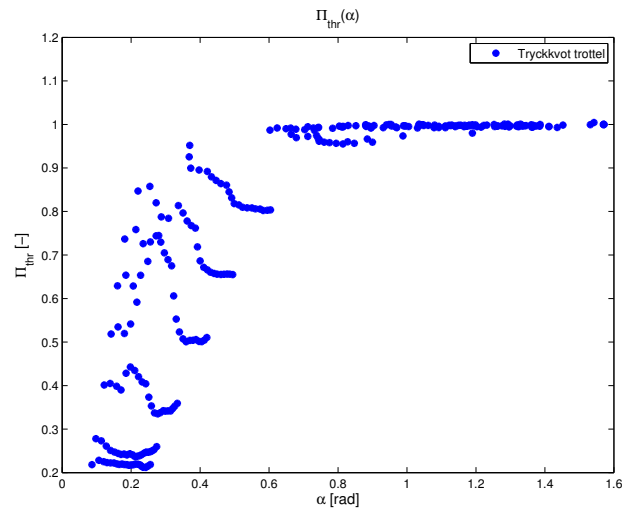
Avser krav 61

Testbeskrivning Validering av modellen för trottelarea.

Testresultat: Nedre delen av figur 1 visar en mycket god passning för trottelarean för vinklar upp till drygt 0,6 radianer. För högre vinklar än detta så är det lite hög area. Detta kan förklaras att kvoten över trotteln är nära 1, som kan ses i figur 2. Detta ger att det är väldigt små tryckskillnader och detta ger en stor varians av den uträknade arean.



Figur 1: Trottelarea mot trottelvinkel

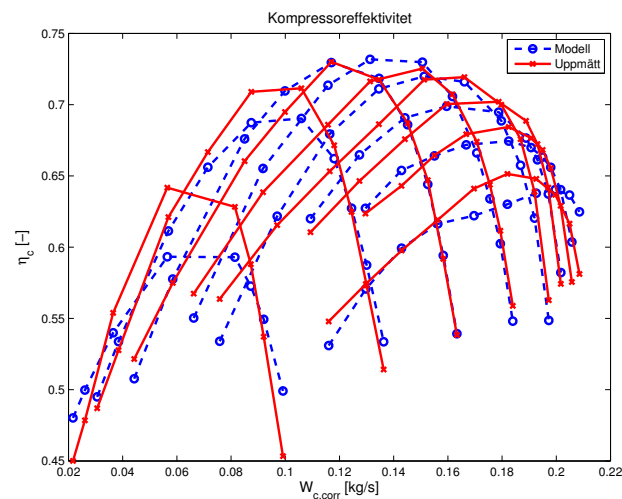


Figur 2: Tryckkvot över trotteln.

Testutfall Lyckades
Utfärdat av Joel Martinsson
Datum 2014-11-24

2.2 TEST 13

Avser krav 62
Testbeskrivning Validering av modellen för kompressorns effektivitet.
Testresultat Kompressorn effektivitet mot korregerat massflöde visas i figur 3, uppdelat i varvtalslinjer. Anpassningen ser ok ut men lite sämre för låga massflöden.



Figur 3: Kompressorns effektivitet mot korregerat massflöde

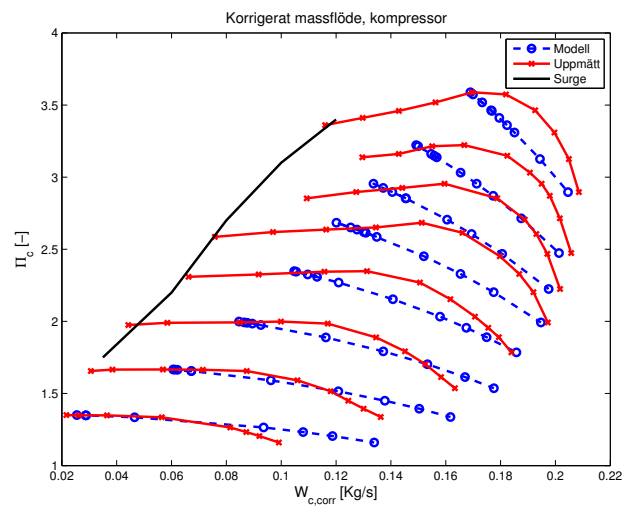
| | | | |
|-----------|---------------------------|-------------------|-------------------------|
| Kursnamn: | Reglerteknisk projektkurs | Epost: | vicbi302@student.liu.se |
| Kurskod: | TSRT10 | Dokumentansvarig: | Johan Nyman |
| Projekt: | FUDGE | Dokumentnamn: | Testprotokoll |



Testutfall Lyckades
Utfärdat av Joel Martinsson
Datum 2014-11-24

2.3 TEST 14

Avser krav 63
Testbeskrivning Validering av modellen för kompressorns korrigerade massflöde.
Testresultat Kompressorns korrigerade massflöde visas i figur 4. Anpassningen kan anses vara god. Det är en svår modell att få bra anpassning för.

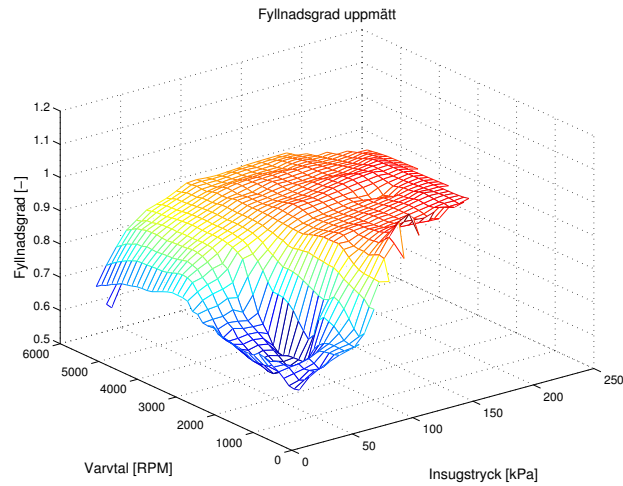


Figur 4: Kompressorns korrigerade massflöde.

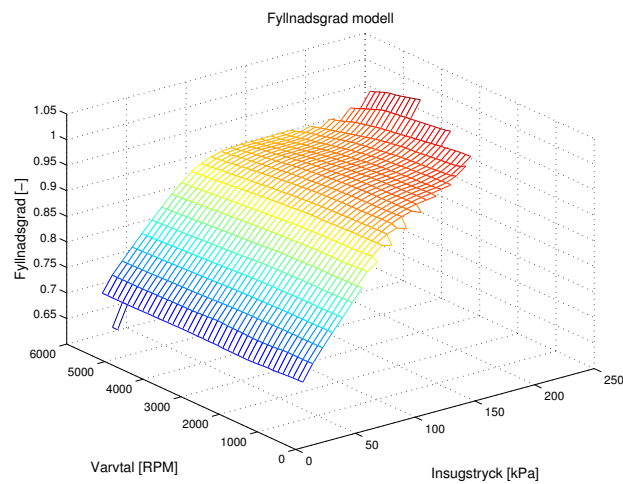
Testutfall Lyckades
Utfärdat av Joel Martinsson
Datum 2014-11-24

2.4 TEST 15

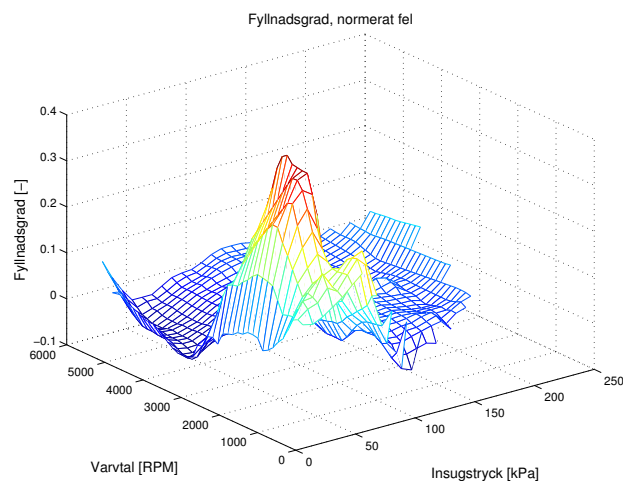
Avser krav 64
Testbeskrivning Validering av modellen för motorns fyllnadsgrad.
Testresultat Fyllnadsgraden kan ses som funktion av varvtal och insugstryck i figurerna 5 och 6. Det normerade felet är presenterat i figur 7. Det stora felet som kommer och som var svårt att modellera är ”gropen” för låga varvtal och laster. Här kommer det normerade felet upp i ca 30% men ligger nära noll för övriga varvtal och laster.



Figur 5: Uppmätt fyllnadsgrad



Figur 6: Modellerad fyllnadsgrad



Figur 7: Normerat fel mellan fyllnadsgraderna



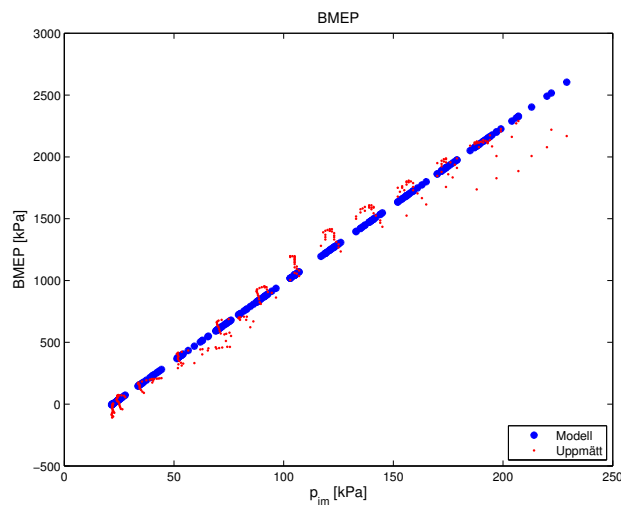
Testutfall Lyckades
Utfärdat av Joel Martinsson
Datum 2014-11-24

2.5 TEST 16

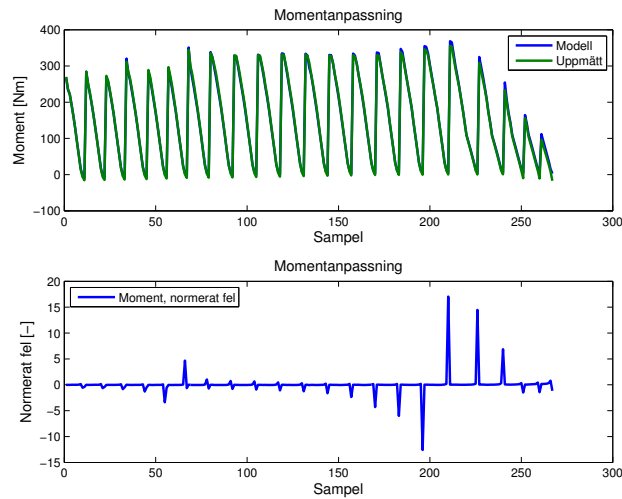
Avser krav 65

Testbeskrivning Validering av modellen för BMEP.

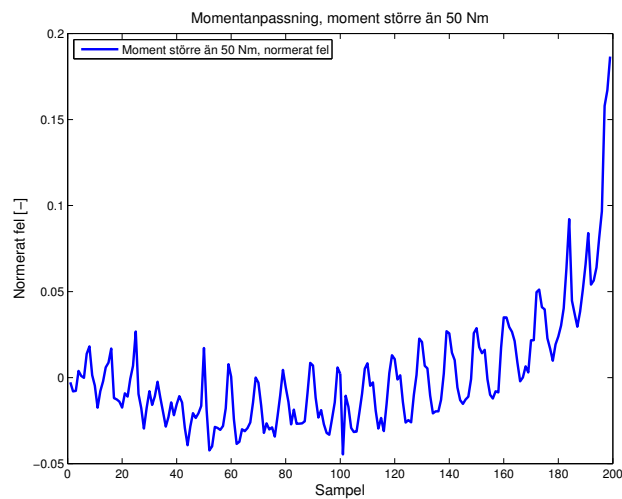
Testresultat: Modellerat och uppmätt BMEP visas i figur 8 och man kan se att anpassningen är god för lägre laster men avviker för högre. För att undersöka detta vidare så undersöks momentet som kan ses i figur 9. Man kan tydligt se spikar som ger väldigt höga normerade fel. Dessa är identifierade när momentet är väldigt låga. Anpassningen för högre moment undersöks då och det normerade felet kan ses i figur 10. God anpassning kan ses vid högre moment. I denna modell så är varje sampel en mappningspunkt för sjunkande varvtal och svept moment för varje varvtalspunkt.



Figur 8: BMEP



Figur 9: Momentanpassning mot uppmätt moment

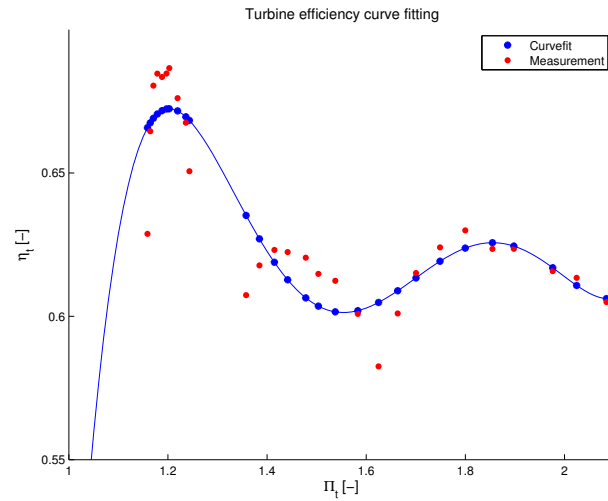
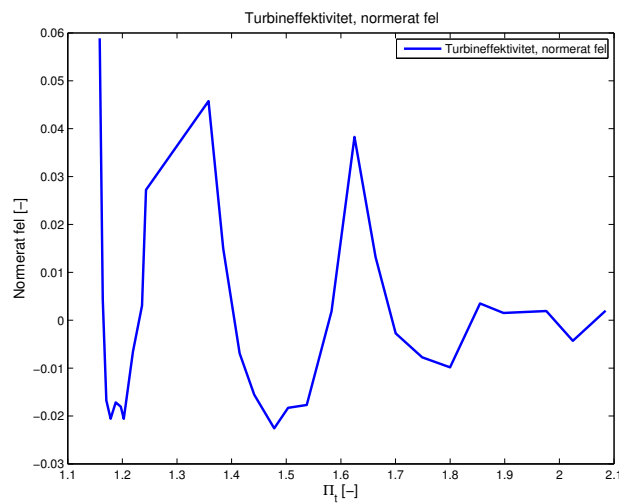


Figur 10: Momentanpassning mot moment över 50 Nm

Testutfall Lyckades
Utfärdat av Joel Martinsson
Datum 2014-12-02

2.6 TEST 17

Avser krav 66
Testbeskrivning Validering av modellen för turbinens effektivitet.
Testresultat: Figur 11 visar hur det anpassade femtegradspolynomet passar emot uppmätta data. Passformen på kurvan är begränsad till ett arbetsområde $\Pi_t < 2.1$. Inom detta arbetsområde är det normalade felet mindre än 6% enligt figur 12.

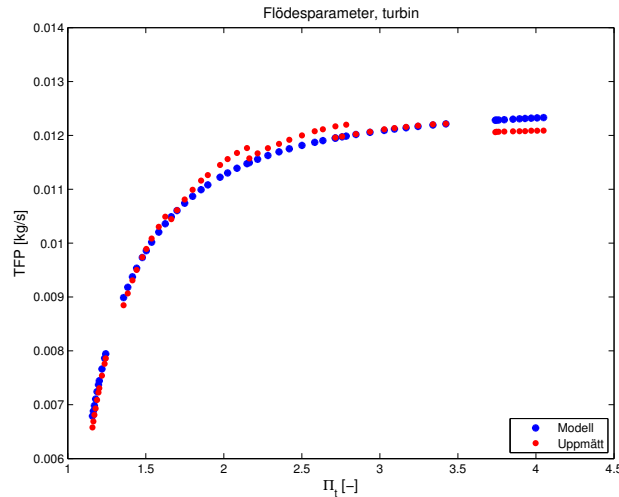
Figur 11: Turbineeffektivitet mot Π_t 

Figur 12: Normerat fel för turbineeffektivitet mot tryckkvot

Testutfall Lyckades
Utfärdat av Joel Martinsson
Datum 2014-12-02

2.7 TEST 18

Avser krav 67
Testbeskrivning Validering av modellen för turbinens flödesparameter (TFP).
Testresultat: Flödesparametern och uppmätta data visas i figur 13. Anpassningen anses vara accepterbar men lite sämre för högre tryckkvoter.

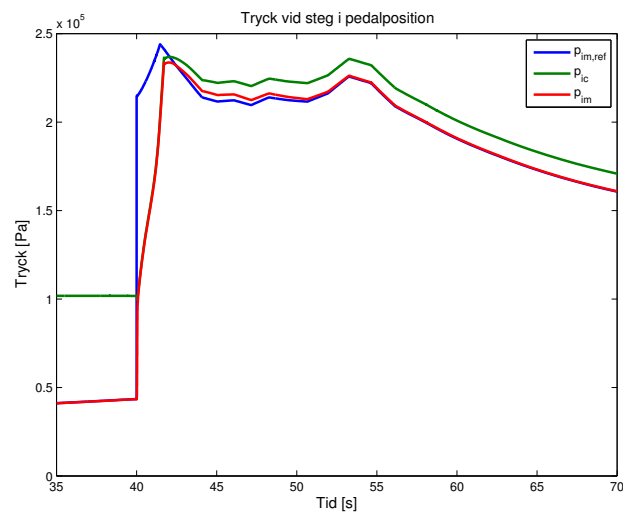


Figur 13: Turbinens flödesparameter mot tryckkvoten Π_t

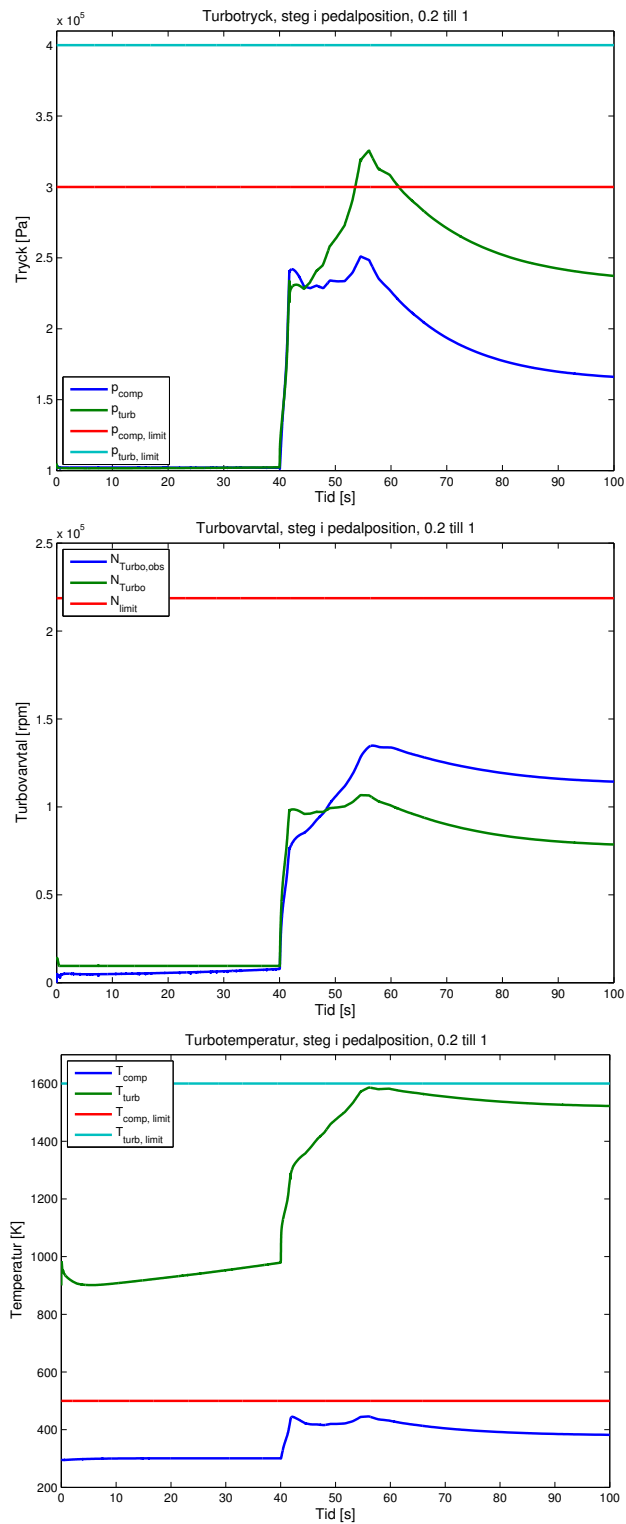
Testutfall Lyckades
Utfärdat av Joel Martinsson
Datum 2014-12-02

2.8 TEST 2

Avser krav 15
Testbeskrivning Verifiering av regulatorparametrar för att se till att regulatorerna ligger inom ställda säkerhetskrav.
Testresultat Som figur 14 nedan visar så medför ett steg i pedalposition (20% till 100%) att regulatorn för momentreserv beter sig som förväntat, med god följning och utan större överslängar. I detta fall har vi säkerhetsparametrar på turbons varvtalet, tryck och temperatur. Dessa gränser är ej överskridna i detta test. Detta kan tydligt ses i figur 15. En kommentar om observatören av varvtalet är att den alltid överskattar varvtalet och kommer på så vis skydda turbon vad som än händer. Den är anpassad till en tidigare turbo och arbete har ej lagts för att anpassa observatören till det aktuella turboaggregatet. Observatören används endast till övervarvningsskyddet. Tryck och temperatur för turbinen har här definierats som innan aggregatet och för kompressorn är dessa definierade efter aggregatet.



Figur 14: Stegsvär i pedalposition från 20% till 100%



Figur 15: Turbomätningar under steg i pedalposition från 20% till 100%, med tillhörande säkerhetsgränser



Testutfall Lyckades
Utfärdat av Sepehr Kristofersson
Datum 2014-12-04

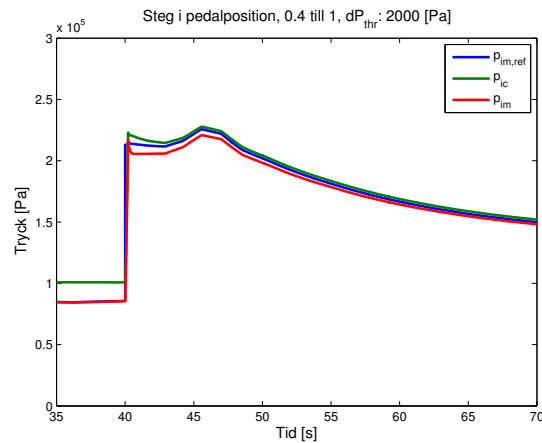
3 UTÖKNING AV MODELL

3.1 TEST 3

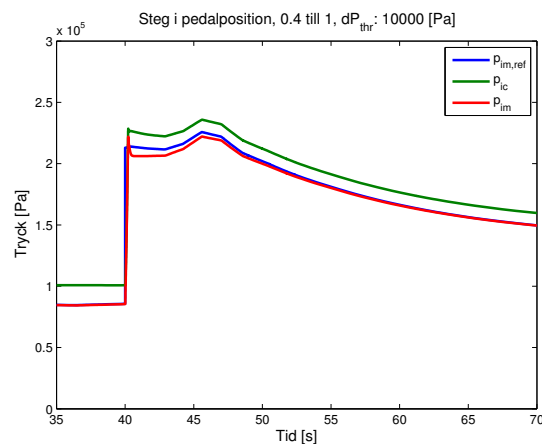
Avser krav 21

Testbeskrivning Test för att påvisa resultat av reglerstrategisk momentreserv.

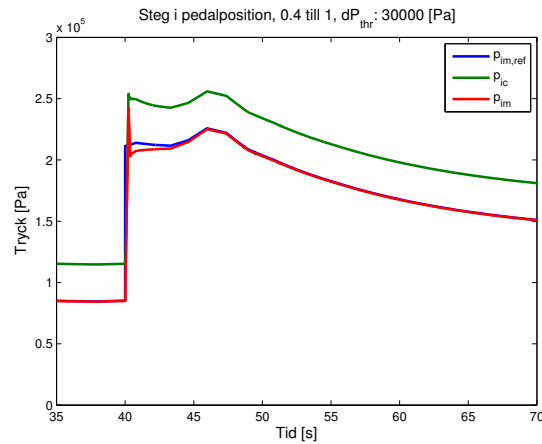
Testresultat Vid ändring av önskat tryckfall över trotteln ska regulatorn klara att styra in detta tryckfall. Figurerna 16, 17 och 18 nedan visar hur skillnaden mellan laddluftskylartrycket och insugstrycket, alltså tryckfallet över trotteln, ändras vid ett steg i pedalposition och för olika referensvärden för tryckfallet.



Figur 16: Tryck vid steg i pedalposition från 40% till 100%, $\Delta p = 2$ kPa över trotteln



Figur 17: Tryck vid steg i pedalposition från 40% till 100%, $\Delta p = 10$ kPa över trotteln



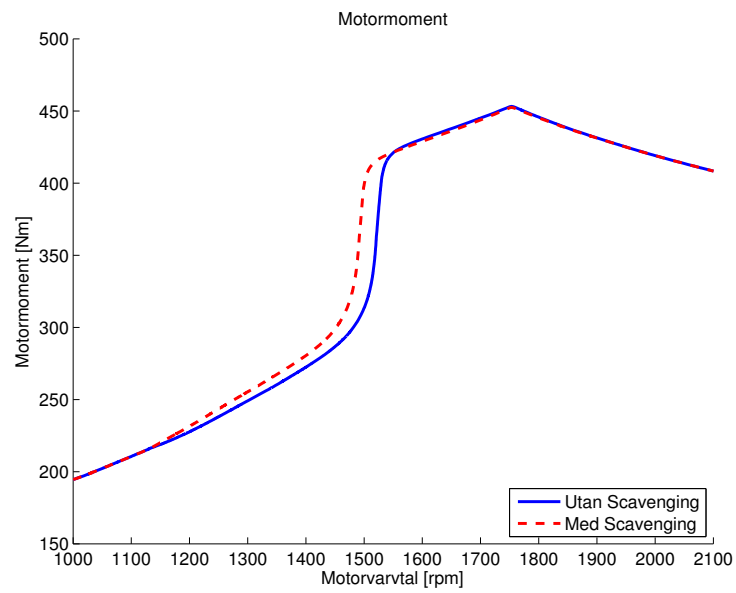
Figur 18: Tryck vid steg i pedalposition från 40% till 100%, $\Delta p = 30$ kPa över trotteln

Testutfall Lyckades
Utfärdat av Sepehr Kristofersson
Datum 2014-12-04

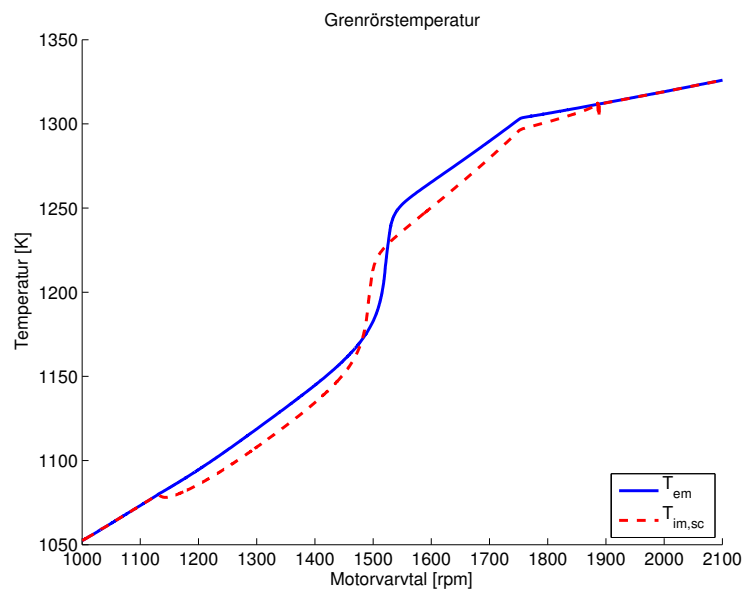
4 SCAVENGING

4.1 TEST 7

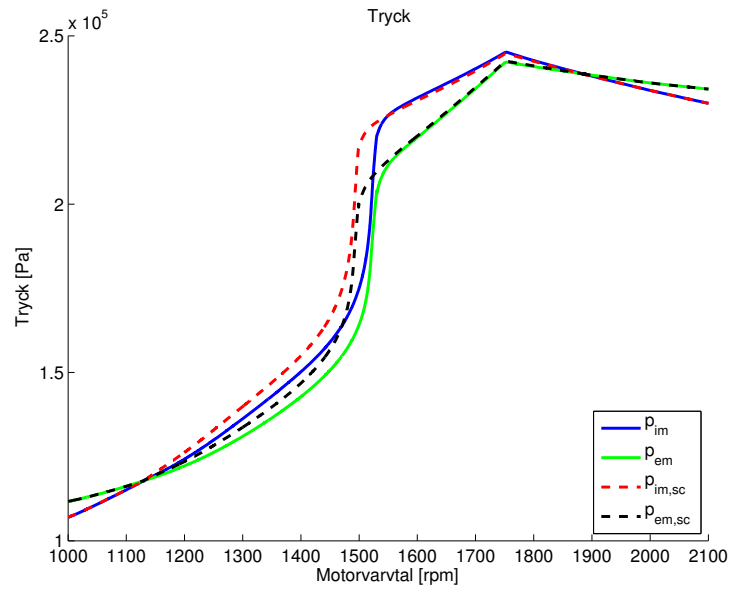
Avser krav 35, 71, 72
Testbeskrivning Rimlighetsbedömning av scavengings påverkan i moment.
Testresultat Enligt resultat av varvtalssvepning med maximalt utmoment (figur 19-22) så verkar scavengingmodellen rimlig. Här ses att ett högre utmoment nås tidigare (se figur 19) då turbinen varvar upp tidigare i figur 22 från det extra massflödet som erhålls genom scavenging. I figur 20 kan även kyleffekten från scavengingflödet ses. I figur 21 och 19 fås aningen lägre insugstryck och moment med scavenging på högre varvtal ($N_e \geq 1550$ rpm), troligtvis på grund av flödet som passerar cylindern innan avgasventilen stängs. Transientprestandans moment, tryck och turbovarvtal kan ses i figur 23-25, där ett steg gjorts från 0.7 till 1 i trotteln och pedal vid 1500 rpm. I dessa figurer ses att transientresponsen är upp mot tre sekunder snabbare med scavenging.



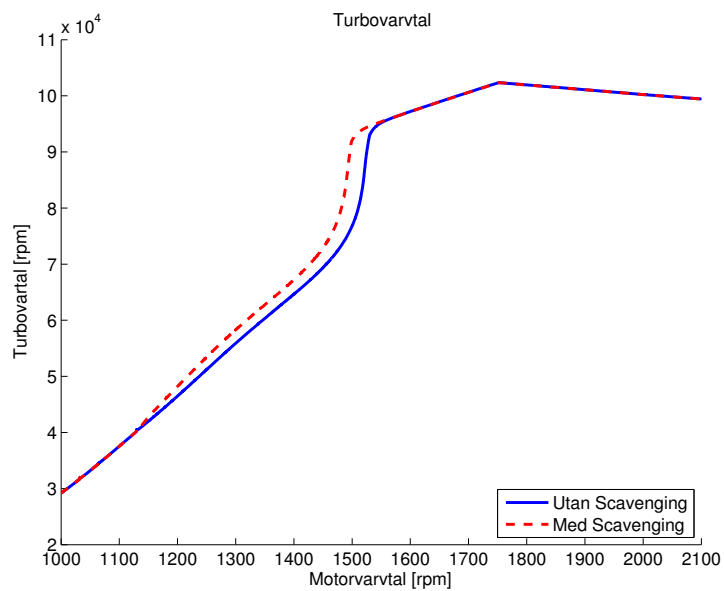
Figur 19: Maximalt utmoment, med och utan scavenging



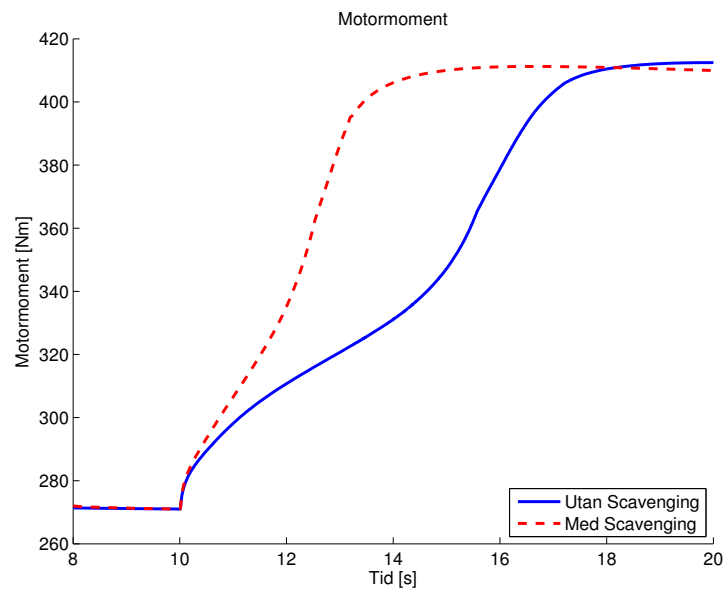
Figur 20: Avgasttemperatur, med och utan scavenging



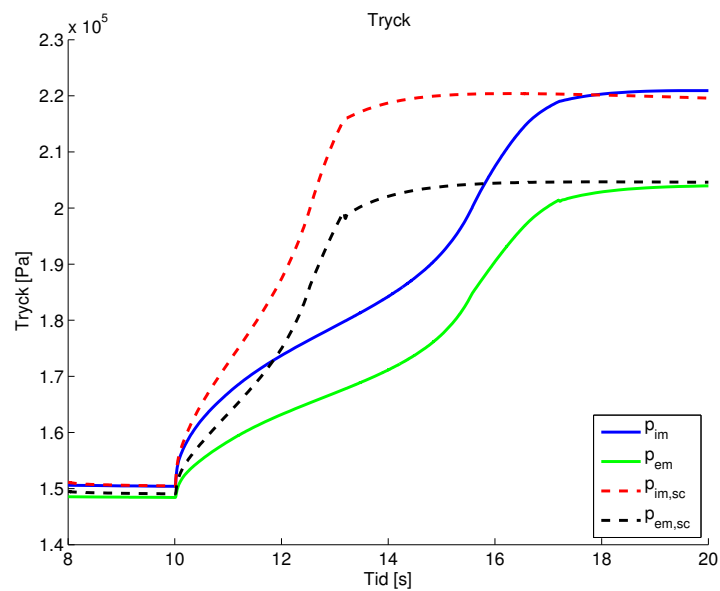
Figur 21: Insug- och avgasttryck, med och utan scavenging



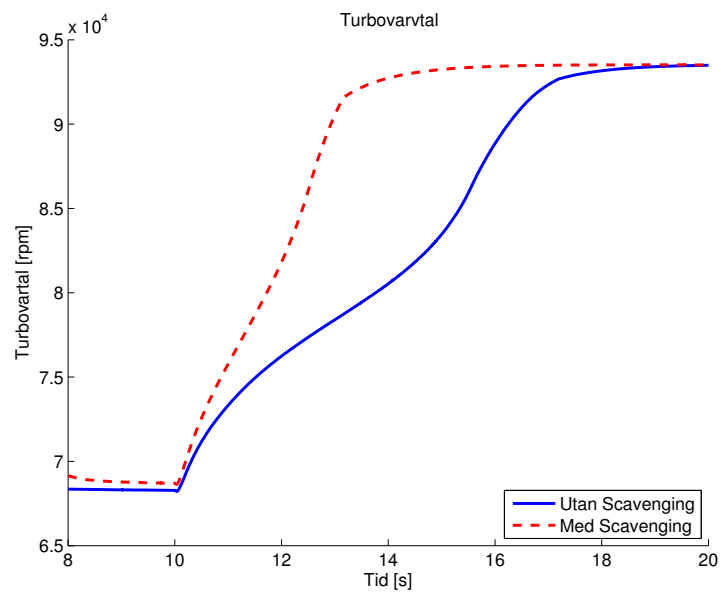
Figur 22: Turbovarvtal, med och utan scavenging



Figur 23: Transienter för moment, med och utan scavenging



Figur 24: Transienter för tryck, med och utan scavenging



Figur 25: Transienter för turbovarvtal, med och utan scavenging

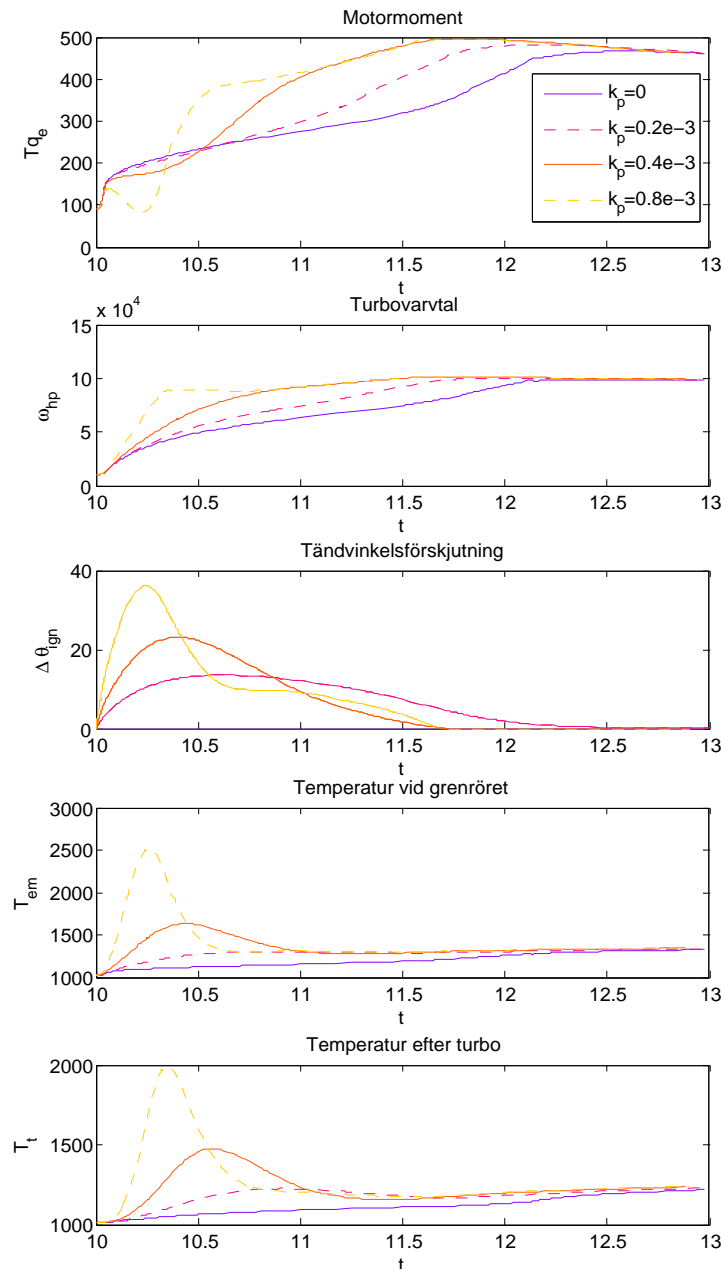


Testutfall Lyckades
Utfärdat av Oscar Hällman
Datum 2014-12-05

5 ANTI LAG SYSTEM

5.1 TEST 9

Avser krav 41, 68, 69
Testbeskrivning Rimlighetsbedömning av ALS inverkan vid simulering.
Testresultat I simuleringarna för rimlighetsbedömningen av ALS utfördes även en känslighetsanalys genom varierande värden för proportionalitetskonstanten *ALS_controller_kp* i ALS-regulatorn. Resultatet från detta visas i figur 26 och dessa visar motormomentets samt turbovarvtalets känslighet för varierande avgastemperatur. I simuleringen kan det tydligt synas att värdena ligger inom rimliga gränser.



Figur 26: Stegsvaret för motormodellen, vid olika värden för k_p

Testutfall Lyckades
Utfärdat av Tommie Eriksson
Datum 2014-12-05