

# TSRT10 - Kravspecifikation

Turbogruppen

Version 1.2

1 december 2016

## Status

Granskad	Rasmus Tammia	1 december 2016
Godkänd	Namn	Datum

## Projektidentitet

Namn	Ansvar	Telefon	E-post (@student.liu.se)
Carl Vilhemsson	Testansvarig (TEST)	070 524 22 98	carvi272
Dennis Åberg Skender	Informationsansvarig (INFO)	076 19 11 013	denab150
Emil Ödmar	Kvalitetsansvarig (KVA)	070 7903614	emiod093
Ludvig Fri	Mjukvaruansvarig (MJUK)	073 024 20 81	ludfr752
Nils-Johan Strömbäck	Testansvarig 2 (TEST2)	073 845 10 42	johst586
Rasmus Tammia	Projektledare (PL)	070 296 26 11	rasta053
Viktor Dahlgren	Dokumentansvarig (DOK)	073 515 20 57	vikda812

**Gruppens E-post:** rasta053@student.liu.se  
**Hemsida:** -  
**Beställare:** Lars Eriksson, Fordonssystem, ISY, Linköpings Universitet  
**Kund:** Volvo Cars Corporation  
**Kontaktperson hos kund:** Fredrik Wemmert, Volvo Cars Corporation  
**Kursansvarig:** Daniel Axehill, Linköping University  
**Handledare:** Robin Holmbom

## Dokumenthistorik

Version	Datum	Utförda ändringar	Utförda av	Granskad
0.1	12 september 2016	Första utkast	Alla	Alla
0.2	15 september	Ändringar efter kommentarer från handledare	Alla	Alla
0.3	21 september	Ändringar efter kommentarer från handledare och beställare	Alla	Alla
1.0	22 september	Ändringar efter kommentarer från beställare	Alla	DOK
1.1	25 november	Ändringar efter omförhandlingar av krav	Alla	DOK
1.2	1 december	Omförhandlingar av krav 30, 36 och 43	Alla	DOK

## Innehåll

<b>1 Inledning</b>	<b>1</b>
1.1 Parter . . . . .	1
1.2 Syfte och mål . . . . .	1
1.3 Användning . . . . .	1
1.4 Bakgrundsinformation . . . . .	1
1.5 Definitioner . . . . .	2
<b>2 Översikt av systemet</b>	<b>2</b>
2.1 Grov beskrivning av produkten . . . . .	2
2.2 Produktkomponenter . . . . .	2
2.3 Avgränsningar . . . . .	2
2.4 Generella krav . . . . .	4
<b>3 Modellering av dubbelturbo</b>	<b>4</b>
3.1 Designkrav . . . . .	5
3.2 Valideringskrav . . . . .	5
<b>4 Observatörer</b>	<b>5</b>
4.1 Designkrav . . . . .	6
4.2 Valideringskrav . . . . .	6
<b>5 Regulatorer</b>	<b>6</b>
5.1 Designkrav . . . . .	6
5.2 Valideringskrav . . . . .	6
<b>6 Prestandakrav</b>	<b>6</b>
<b>7 Krav på vidareutveckling</b>	<b>7</b>
<b>8 Ekonomi</b>	<b>7</b>
<b>9 Leverans och delleveranser</b>	<b>7</b>
<b>10 Dokumentation</b>	<b>7</b>

## 1 Inledning

I detta projekt ska modeller utvecklas och observatörer tas fram för att reglera en sekventiell dubbelturbo. Regulatorn ska klara av att eliminera den momentstörning som uppstår när växling sker mellan turboaggregaten. Dubbelturbos syfte är att erhålla bra respons vid både låga och höga varvtal. Dessutom ska det undersökas hur sensoruppsättningen kan ändras för att fortfarande behålla eller förbättra styr- och observerbarhet. En minimal sensoruppsättning undersöks då det alltid är av intresse att minska antalet sensorer i motorn. Detta för att minska produktionskostnaderna. En förändrad eller utökad sensoruppsättning skulle kunna vara av intresse då observer- och styrbarhet kan förbättras, vilket kan leda till minskad bränslekonsumtion.

### 1.1 Parter

*Kund:* Volvo Cars Corporation, Fredrik Wemmert

*Beställare:* Fordonssystem, Lars Eriksson

*Kontaktperson hos beställare:* Lars Eriksson/Robin Holmbom

*Examinator:* Daniel Axehill

*Projektgrupp:* 7 teknologstudenter från Y- och M-programmet vid Linköpings universitet.

### 1.2 Syfte och mål

Målet med projektet är att ta fram regulatorer för ett dubbelturbosystem. Därför krävs det också att en given modell av ett enkelturbosystem utökas till ett dubbelturbosystem för simulering och validering. Avgastemperaturer behöver modelleras för att skydda utrustningen mot för höga temperaturer samt användas för att beräkna vilken effekt som är möjlig att få ut för turbinen. Momentmodellering ska göras för att sedan användas vid reglering av stötfri övergång mellan turboaggregaten. Det ska även undersökas vilka för- och nackdelar det finns med olika sensorkonfigurationer samt om prestandan kan höjas om trotteln flyttas till att vara placerad innan kompressorerna.

### 1.3 Användning

De framtagna modellerna och regulatorerna kommer att användas i en utvecklingsmiljö (SIMULINK). Regulatorn kommer även att implementeras och valideras i en motor i bromsbänk.

### 1.4 Bakgrundsinformation

På grund av höga prestandakrav och förbränning i luftöverskott är det vanligt med dubbla turbosystem på dieselmotorer. I dieselmotorer är momentet kopplat till andelen insprutat bränsle medan i bensinmotorer är det viktigare med ett konstant luft/bränsleförhållande och man matchar den insprutade bränslemängden till luftmängden. Dock är det troligt att utvecklingen för bensinmotorer kommer gå åt samma håll som dieselmotorer, då effektiviteten ökas i samband med dubbelturbo.

Downsizing är en viktig del för att kunna uppfylla både dagens och framtidens miljökrav på förbränningsmotorer, turboladdning används för att förse mindre motorer med tillräcklig mängd luft till förbränningen. Vikten, som är proportionerlig mot storleken, på turboaggregatet påverkar tiden det tar att spinna upp turbon, vilket är ett problem med turboladdning. Detta ger i sin tur upphov till turbolag, d.v.s. en tidsfördröjning i begärt moment. Turboaggregatets storlek påverkar även aggregatets arbetsområde. Större turboaggregat ger ett större luftflöde och mindre ger ett mindre flöde. Dock är aggregaten begränsade i arbetsområde, där för

små flöden inte får turbinen att spinna upp och för stora leder till för höga hastigheter. För att minska turboladdningens negativa påverkan kan därför en kombination av ett stort och litet turboaggregat implementeras, vilket då kan öka arbetsområdet avsevärt.

## 1.5 Definitioner

Kraven rangordnas med prioritet ett till tre. Krav med prioritet ett utgör krav som ska vara uppfyllda vid leveranstillfället. Krav med prioritet två ska helst vara uppfyllda vid leverans, men är inget nödvändigt krav. Krav med prioritet tre ska vara uppfyllda ifall tidsbudgeten ger utrymme för det.

## 2 Översikt av systemet

Systemet som skall regleras utgörs av två stycken seriellt kopplade turboaggregat och en bensinmotor. De aktuatorer som finns tillgängliga för reglersystemet är en wastegate-ventil för stora turboaggregatet, en bypass-ventil för lilla turboaggregatet samt trotteln. Det finns även en passiv bypass-ventil som ej är styrbar. I Figur 1 visas en skiss över systemet där ventilerna, trotteln (Th), kompressorerna (C) samt turbinerna (T) är utmarkerade. Wastegate-ventilen är markerade med Wg och bypass-ventiler är markerade med Bp.

### 2.1 Grov beskrivning av produkten

Huvudsystemet som ska utvecklas är en regleralgoritm för seriell dubbelturbo på en bensinmotor av konfigurationen "Volvo Engine Architecture"(VEA). För att detta system ska kunna utvecklas på ett säkert, ekonomiskt och miljömässigt sätt krävs att ett antal delsystem utvecklas i SIMULINK:

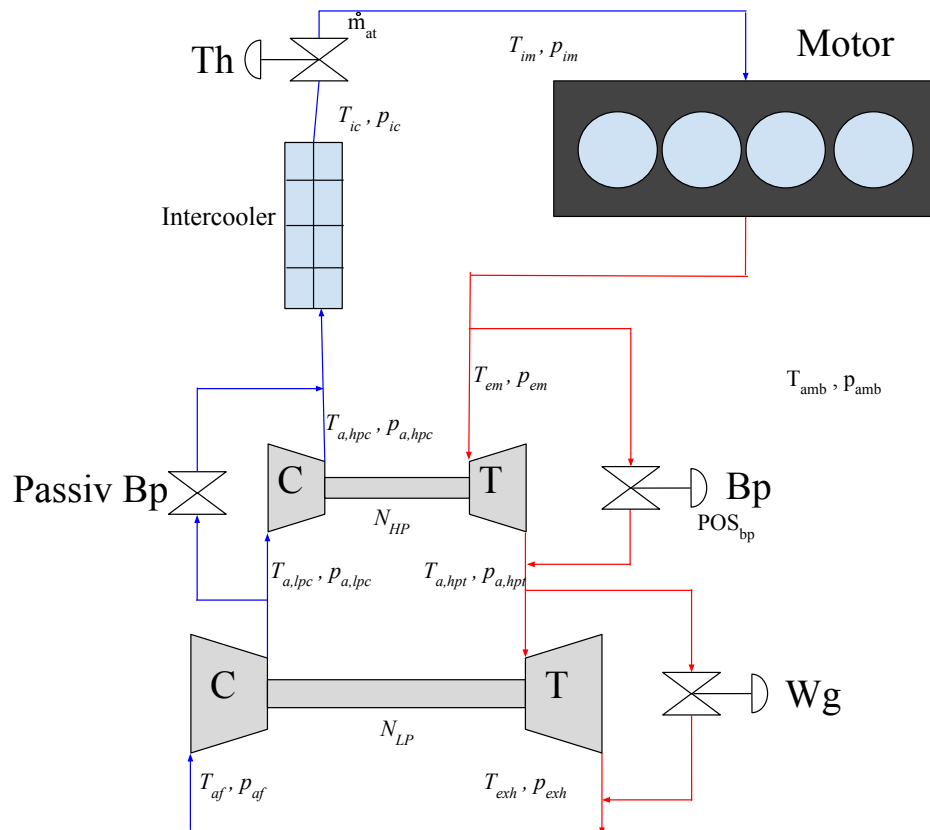
- Modell för avgastemperatur. Vilken används för att skydda komponenterna efter motorn från överhettning, detta är en fysikalisk modell byggd kring de storheter som påverkar avgasernas temperatur.
- Modell för motormoment. Denna används för simulering av regulatorns beteende och eventuellt som prediktor i regulatorn beroende på regulatorstruktur som utvecklas.
- Modell för turboaggregat. Även denna används vid simulering av regleringen samt i regulatorn.

### 2.2 Produktkomponenter

Systemet utgörs av ett reglersystem, observatörer, en modell för avgastemperatur samt en modell för motormoment.

### 2.3 Avgränsningar

Projektet kommer endast ha möjlighet att reglera wastegate stora turbinen, bypass för lilla turbinen samt trotteln. Placering av trotteln kommer förutom sin vanliga position, efter kompressorerna, testas att sättas innan kompressorerna. En sensoruppsättning bestående av sensorer som finns tillgängliga på en produktionsmotor ska tas fram för regulatorn. Även en minimal sensoruppsättning ska undersökas. Sensorer från labbmotorn kommer finnas tillgängliga för att verifiera samt ta fram modeller. Den framtagna sensoruppsättningen för regulatorn ska testas med sensorerna som finns i labbmotorn.



Figur 1: Systemöversikt, där strypningarna trotteln benämns med Th, bypass med Bp och wastegate med Wg. Kompressorer benämns C och turbiner med T.

## 2.4 Generella krav

Krav nr 1	Original	Poster ska skapas till projektkonferens.	Prioritet 1
Krav nr 2	Original	Hemsida som beskriver projektet ska skapas.	Prioritet 1
Krav nr 3	Original	Projektet ska presenteras i en film på YOUTUBE med avdelningens logo.	Prioritet 1
Krav nr 4	Original	Muntlig presentation där projektets genomförande och resultat presenteras ska hållas.	Prioritet 1
Krav nr 5	Original	Projektgrupp ska vid varje veckoslut rapportera in tidsstatus till beställaren.	Prioritet 1
Krav nr 6	Original	Resultat för regulatorer och observatörer ska dokumenteras.	Prioritet 1
Krav nr 7	Original	Projektmedlemmarna har som krav om icke-spridning av modeller och modellbibliotek, samt kommunikationsgränssnitt för styrning av motorn.	Prioritet 1
Krav nr 8	Original	Utreda ifall stigtiden för laddtryckets stegsvar kan minskas genom att placera trotteln innan kompressorerna.	Prioritet 2
Krav nr 9	Original	Utöka nuvarande simuleringsmiljö med dubbelturbo.	Prioritet 1
Krav nr 10	Original	Validera simuleringsmiljön med mätningar i motorlabbet.	Prioritet 1
Krav nr 11	Original	Ta fram lämpliga observatörer samt utvärdera dessa för användning i regulatorn.	Prioritet 1
Krav nr 12	Original	Utvärdera framtagna regulatorer i simuleringsmiljö och motorlabb.	Prioritet 1
Krav nr 13	Original	Utvärdera olika turbin- och kompressorkonfigurationer i simuleringsmiljö.	Prioritet 3
Krav nr 14	Original	Utreda hur transientsvaret i laddtryck påverkas av det lilla turboaggregatet.	Prioritet 1

## 3 Modellering av dubbelturbo

Genom att bygga gedigna modeller för samtliga komponenter i dubbelturbon kan tillförlitliga resultat vid simulering uppnås. Modellering av avgastemperatur krävs eftersom en bensinmotor ej har ett överskott på luft som kan användas för att kyla avgaserna. Detta för att se till att komponenterna ej skadas. Dessutom krävs en modell för att kunna räkna fram det givna vridmomentet.



### 3.1 Designkrav

Krav nr 15	Original	Modell för lilla turbons kompressor ska tas fram med hjälp av Volvos turbomapp.	Prioritet 1
Krav nr 16	Original	Modell för stora turbons kompressor ska tas fram med hjälp av Volvos turbomapp.	Prioritet 1
Krav nr 17	Original	Modell för lilla turbons turbin ska tas fram med hjälp av Volvos turbomapp.	Prioritet 1
Krav nr 18	Original	Modell för stora turbons turbin ska tas fram med hjälp av Volvos turbomapp.	Prioritet 1
Krav nr 19	Original	Modell för den lilla turbons kompressor ska implementeras i SIMULINK.	Prioritet 1
Krav nr 20	Original	Modell för den stora turbons kompressor ska implementeras i SIMULINK.	Prioritet 1
Krav nr 21	Original	Modell för bypass-ventil av lilla kompressorn ska tas fram.	Prioritet 1
Krav nr 22	Original	Modell för bypass-ventil av lilla kompressorn ska implementeras i SIMULINK.	Prioritet 1
Krav nr 23	Original	Modell av lilla turbons turbin ska implementeras i SIMULINK.	Prioritet 1
Krav nr 24	Original	Modell av stora turbons turbin ska implementeras i SIMULINK.	Prioritet 1
Krav nr 25	Omförhandlad	En ny modell för avgastemperaturen ska tas fram.	Prioritet 2
Krav nr 26	Omförhandlad	En ny modell för motormoment ska tas fram.	Prioritet 2

### 3.2 Valideringskrav

Krav nr 27	Original	Modell för dubbelturboaggregat ska valideras mot VEA med dubbelturbo i fordonslabbet.	Prioritet 1
Krav nr 28	Omförhandlad	Den redan tillhandahållna momentmodellen ska valideras mot den av Volvo tillhandahållna VEA-motorn.	Prioritet 2
Krav nr 29	Omförhandlad	Den redan tillhandahållna avgastemperaturmodellen ska valideras mot den av Volvo tillhandahållna VEA-motorn.	Prioritet 2

## 4 Observatörer

För att minska antalet sensorer som övervakar system kan observerbara mätsignaler användas. Dessa skattas med hjälp av observatörer.

## 4.1 Designkrav

Krav nr 30	Omförhandlad	Lämpliga observatörer ska tas fram för regleringen av dubbelturbon.	Prioritet 2
Krav nr 31	Original	Observatörer ska implementeras i Simulink.	Prioritet 1
Krav nr 32	Original	Förbättringar av observering och reglering vid addition av fler sensorer ska utredas.	Prioritet 2
Krav nr 33	Original	Möjligheter och begränsningar för observering och reglering vid konfigurerad sensoruppsättning ska utredas.	Prioritet 2
Krav nr 34	Original	Möjligheter och begränsningar för observering och reglering vid minskad sensoruppsättning ska utredas.	Prioritet 2
Krav nr 35	Original	En minimal sensoruppsättning ska tas fram innehållandes de sensorer som är tillgängliga.	Prioritet 2

## 4.2 Valideringskrav

Krav nr 36	Omförhandlad	Observatörerna ska valideras mot mätdata.	Prioritet 2
------------	--------------	---	-------------

## 5 Regulatorer

Regulatorerna har som uppgift att styra ventilerna vid turboaggregaten så att laddtrycket svarar mot det moment som föraren önskar vid gaspådrag samt ha kontroll över maximalt varvtal på turboaggregaten.

### 5.1 Designkrav

Krav nr 37	Original	Ett steg i önskat laddtryck får ha en maximal översläng på 10 kPa i verkligt laddtryck.	Prioritet 1
Krav nr 38	Original	Ett steg i laddtryck får ej leda till oscillationer i luftflöde och därmed moment från motorn.	Prioritet 1
Krav nr 39	Original	Regleringen ska vara robust mot variationer i omgivningstryck.	Prioritet 1
Krav nr 40	Omförhandlad	Regleringen ska se till att maximalt turbovarvtal ej överskrids hos någon komponent.	Prioritet 1
Krav nr 41	Omförhandlad	Regleringen ska se till att maximalt motorvarvtal ej överskrids hos någon komponent.	Prioritet 2
Krav nr 42	Original	Regleringen ska se till att temperaturer i motor och turboaggregat ej överskrider angivna gränser.	Prioritet 1

### 5.2 Valideringskrav

Krav nr 43	Omförhandlad	En ramp i varvtal ska uppvisa överlämning mellan turboaggregaten vid fixt laddtryck.	Prioritet 2
------------	--------------	--	-------------

## 6 Prestandakrav

Krav nr 44	Original	En prestandavinst jämfört med enkelturbo ska uppnås med avseende på moment vid låga varvtal.	Prioritet 1
------------	----------	--	-------------

## 7 Krav på vidareutveckling

Krav nr 45	Original	Koden för regulatorn ska vara välstrukturerad och kommenterad	Prioritet 1
------------	----------	---	-------------

## 8 Ekonomi

Projektgruppen har som resurs ett antal tillägnade arbetstimmar.

Krav nr 46	Original	Varje projektmedlem ska avsätta en arbetstid på 240 timmar $\pm 10\%$ .	Prioritet 1
Krav nr 47	Original	Projektgruppen ska ha tillgång till motorlabbet i 80 timmar.	Prioritet 1
Krav nr 48	Original	Projektgruppen har 25 timmar handledningstid.	Prioritet 1

## 9 Leverans och delleveranser

Under projektet kommer ett antal beslutpunkter med leveranser genomföras enligt LIPS-modellen.

Krav nr 49	Original	Vid beslutspunkt 2 ska kravspecifikation, systemskiss, projektplan samt tidsplanering levereras.	Prioritet 1
Krav nr 50	Original	Vid beslutspunkt 3 ska designspecifikation samt testplan levereras.	Prioritet 1
Krav nr 51	Original	Vid beslutspunkt 5 ska mjukvara innehållandes regulatorer, modeller och observatörer levereras tillsammans med testprotokoll, användarhandledning och presentation.	Prioritet 1
Krav nr 52	Original	Vid beslutspunkt 6 ska efterstudie, teknisk dokumentation samt allt presentationsmaterial innehållandes poster, hemsida och projektfilm levereras.	Prioritet 1

## 10 Dokumentation

Nedan listas de dokument som projektgruppen ska leverera under projektets gång.

Dokument	Språk	Syfte	Målgrupp	Format
Kravspecifikation	Svenska	Samtliga krav som projektet har.	Beställare	.pdf
Projektplan	Svenska	Plan för projektets genomförande.	Projektgrupp och beställare.	.pdf
Systemskiss	Svenska	Skiss över systemets uppbyggnad	Projektgrupp och beställare.	.pdf
Tidsplan	Svenska	Planerad schemalagd tid för projektet.	Projektgrupp	.xml
Designspecifikation	Svenska	Planering av hur projektet ska designas och genomföras.	Projektgrupp och beställare	.pdf
Testplan	Svenska	Planering av hur tester på projektet ska genomföras för att kontrollera kraven i kravspecifikationen.	Projektgrupp	.pdf
Användarmanual	Svenska	Systemmanual	Beställare	.pdf
Teknisk dokumentation	Svenska	Information över systemets funktioner samt hur krav uppfyllts.	Beställare	.pdf
Efterstudie	Svenska	Projektgruppens reflektioner kring projektet.	Projektgrupp och Beställare	.pdf