



KRAVSPECIFIKATION

Redaktör: Khalid Pirgul

Version 1.0

Status

Granskad	2019-09-23	Robin Holmbom
Godkänd	2019-09-24	Lars Eriksson



PROJEKTIDENTITET

2019/HT
Linköpings universitet, ISY

Namn	Ansvar	Telefon	E-post
Khalid Pirgul	Projektledare (PL)	0737870879	khapi566@student.liu.se
Filip Axelhed	Testansvarig (TST)	0738460462	filiax423@student.liu.se
Camilla Bodin	Mjukvaruansvarig (MJ)	0707532411	cambo484@student.liu.se
Sebastian Engberg Fors	Designansvarig (DES)	0762986481	sebfo640@student.liu.se
Marcus Grip	Mjukvaruansvarig (MJ)	0767992351	margr885@student.liu.se
Esaias Jerrelind	Informationsansvarig (IOI)	0762181850	esaje365@student.liu.se
Carolina Pahkasalo	Dokumentansvarig (DOK)	0768343933	carpa566@student.liu.se
André Sollander	Modellansvarig (MDL)	0702417620	andso041@student.liu.se

Kund: Volvo Cars Corporation
Kontaktperson hos kund: Fredrik Wemmert

Beställare: Lars Eriksson, 013-284409, lars.eriksson@liu.se
Kursansvarig: Daniel Axehill, 013-284042, daniel.axehill@liu.se
Handledare: Robin Holmbom, 013-281327, robin.holmbom@liu.se



Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Definitioner av krav	1
1.2	Prioriteter	1
1.3	Parter.....	1
1.4	Syfte och Mål.....	2
1.5	Användning	2
1.6	Bakgrundsinformation	2
1.7	Definitioner	3
2	Översikt av systemet	4
2.1	Grov beskrivning av produkten	5
2.2	Produktkomponenter.....	5
2.3	Beroenden till andra system.....	5
2.4	Ingående delsystem	5
2.5	Avgränsningar	5
2.6	Generella krav på hela systemet.....	6
3	Reglersystem	7
3.1	Gränssnitt	7
3.2	Designkrav	7
3.3	Funktionella krav för reglersystemet	8
4	Simuleringsmiljön.....	9
4.1	Externa gränssnitt	9
4.2	Designkrav	9
4.3	Funktionella krav för simuleringsmiljön	10
5	Prestandakrav	10
6	Ekonomi.....	11
7	Krav på säkerhet.....	11
8	Leveranskrav och delleveranser	11
9	Dokumentation.....	12



Dokumenthistorik

Version	Datum	Utförda förändringar	Utförda av	Granskad
0.1	2019-09-17	Första utkastet	Alla	RH
0.2	2019-09-23	Kommentarer från handledare är rättade	Alla	RH
0.3	2019-09-24	Kommentarer från handledare är rättade	Alla	LE
0.4	2019-10-09	Kommentarer från beställare är rättade.	Alla	
1.0	2019-10-10	Godkänd på BP2.		



1 Inledning

Denna kravspecifikation omfattar kraven för projektet, momentstyrning med realtids MPC som skall styra kamfasningen och gasspjället på en motor från Volvo Cars. Målet är att implementera en realtids MPC som styr aktuatorerna för ovannämnda motorkomponenter.

1.1 Definitioner av krav

Kraven kommer att definieras efter en mall som presenteras nedan. Den består av kravnummer, version, krav och prioritet.

Tabell 1: Exempel krav

Kravnummer	Version	Krav	Prioritet
1	0.1	Exempel krav	1

1.2 Prioriteter

Prioriteringen kommer att bestå av tre typer: 1, 2 och 3.

1. *Grundkrav, skall uppfyllas.*
2. *Extra krav som skall uppfyllas då grundkraven är uppfyllda och är möjliga att utföra inom tidsramen.*
3. *Krav på framtida utvecklingar om krav med högre prioritet är uppfyllda.*

1.3 Parter

Inblandade parter är:

Beställare: Lars Eriksson, Fordonssystem

Kund: Fredrik Wemmert, Volvo Cars Corporation

Handledare: Robin Holmbom, Fordonssystem

Examinator: Daniel Axehill

Projektgrupp

Externa experter



1.4 Syfte och Mål

Projektets syfte är att undersöka och demonstrera hur realtids MPC-reglering kan användas inom motorstyrning med flera aktuatorer. Mål som finns i projektet är att ta fram modeller för insugskamfasning och gasspjäll, att använda dessa modeller för att utveckla en multivariabel modellbaserad predikterande regulator och simulera dessa resultat i Simulink/Matlab för att se överrensstämelsen med mätdata och att man får önskad momentstyrning. Denna regulator skall upptäcka då en trasig aktuator uppstår och kunna hantera detta fall. Vid simuleringar som ger önskade resultat skall dessa regulatorer implementeras i en motortestcell som tillhandahålls av avdelningen fordonssystem vid Linköpings universitet. Denna motortestcell har för tillfället en äldre version av mjukvara som behöver uppdateras. Därför är ett ytterligare mål att driftsätta nyare version av Simulink/Matlab i motortestcellen.

1.5 Användning

Produkten skall användas för att testa konceptet av multivariabel modellbaserad reglering i fordonssystemets motortestcell för att öka kunskapen kring dessa regulatorer i fordon för både Volvo Cars och Linköpings universitet.

1.6 Bakgrundsinformation

Kravspecifikationen är en del av projektmodellen LIPS som behandlar en projektkurs TSRT10 vid ISY, Institutionen för Systemteknik vid Linköpings universitet. Som uppdrag är man tilldelad ett projekt som skall utföras under höstterminen. ISY bistår projektgruppen med expertkompetens i form av handledning, materiel samt lokaler för testning och utveckling.

Detta projekt är en fortsättning på tidigare års projekt som handlade om flervariabla reglerstrategier för avancerade motorer. Föregående år hade liknande uppgift som årets projekt, där projektmedlemmarna tog fram modeller för VVT, gasspjäll och wastegate som integrerades i motormodellen och utvecklade en MPC, samt hanterade det fall att en aktuator gick sönder. Dock hade de inte samma förutsättningar som årets projekt kommer att ha, vilket innebär att de inte kunde testa sina utvecklade regulatorer i motortestcellen. Årets projektgrupp har som uppgift att fortsätta på deras arbete.

MPC har många tillämpningsområden och tanken är att det även skall kunna användas vid motorutveckling. Vid utvecklande av motorer kan det vara kostnads- och tidskrävande att kartlägga hela registret, då kan användning av multivariabel modellbaserad prediktionsreglering effektivisera den processen.

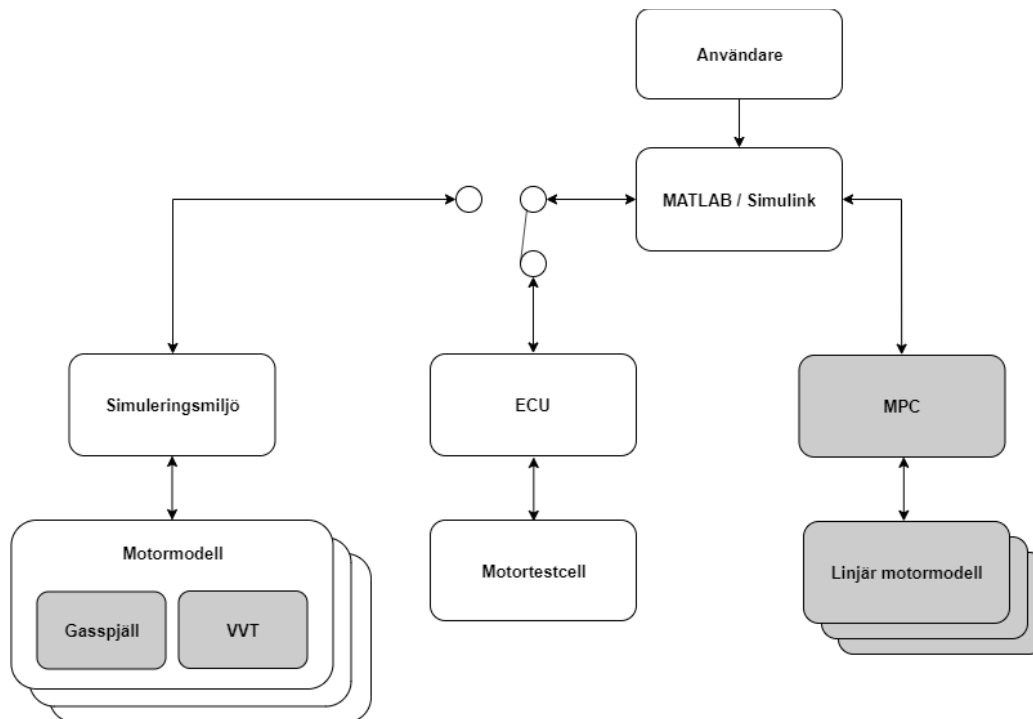


1.7 Definitioner

Motortestcell, motorn	En testcell/motor som tillhandahålls av avdelningen fordonssystem.
MPC	Flervariabel predikterande modellbaserad regulator.
Reglersystemet, regulatorn	Flervariabel modellbaserad regulator.
VVT	Variabel kamfasning.
SISO	System med en insignal och en utsignal
MIMO	System med flera insignaler och flera utsignaler.
ECU	Realtidsstyrenhet
dSpace	Länken mellan Simulink och motortestcellen.

2 Översikt av systemet

Systemet som används för att utvärdera hur realtids MPC fungerar för motorstyrning består av en simuleringsmiljö med en motormodell och integrerade modeller av åtminstone gasspjäll och VVT utvecklade i Matlab/Simulink, ett regelsystem och en motortestcell med två ECU styrenheter, dels dspace som hanterar Matlab/Simulink och dels Volvos egna ECU som hanterar övriga aktuatorer. Simuleringsmiljön används för att utveckla och testa en flervariabelregulator som styr gasspjäll och kamfasningen av insugsventil i Matlab/Simulink. Motortestcellen finns tillgänglig för att sedan testa hur den flervariabelregulatorn fungerar i verkligheten, där dSpace översätter koden i Matlab/Simulink till att bli integrerad i styrsystemet för motorn. I figur 1 finns en översikt av hur systemet ser ut. De gråmarkerade blocken i figuren är de delsystem som primärt skall utvecklas. Dessa kommer utvecklas i Matlab/Simulink. Regulatorn laddas sedan upp till dSpace (ECU:n) och implementeras på motorn.



Figur 1. En översikt av systemet.



2.1 Grov beskrivning av produkten

Produkten som utvecklas skall vara ett reglersystem som använder sig av realtids- MPC för flervariabel motorstyrning genom reglering av gasspjäll och kamfasning av insugsventil. Det skall även finnas en simuleringsmiljö där modeller skall vara implementerade och skall kunna användas i kombination med reglersystemet. Primära modeller som skall finnas för förbränningsmotorn i motortestcellen är insugskamfasning och gasspjäll. Reglersystemet som utvecklas skall kunna implementeras på ECU:n som är en dSpace-styrenhet och uppnå önskad momentstyrning.

2.2 Produktkomponenter

Den färdiga produkten som levereras skall huvudsakligen innehålla ett reglersystem bestående av regulatorer som använder sig av modellbaserad prediktionsreglering baserat på tillhörande modeller för motorn med ingående gasspjäll och insugskamfasning och skall hantera det fall att en aktuator är trasig. Detta reglersystem skall vara implementerbart på den förbränningsmotor som finns tillhandahållen i motortestcellen vid Linköpings universitet. Det skall även finnas en simuleringsmiljö för testning av regulatorer och modeller. Utöver detta skall även film, affisch och hemsida levereras.

2.3 Beroenden till andra system

Beroenden som finns är särskilt till systemen som redan finns tillhandahållna i motortestcellen utvecklade av Volvo Cars, särskilt förbränningsmotorn och ECU. Utan dessa system kan inte produkten testas i verkligheten.

2.4 Ingående delsystem

Det finns tre ingående delsystem:

1. *Linjära motormodellen med MPC.*
2. *ECU med motortestcellen.*
3. *Simuleringsmiljön med motormodellen.*

Första delsystemet fokuserar på att utveckla en enkel MPC på en linjäriserad modell med syfte att få igång en realtids-MPC. Andra delsystemet innefattar implementeringen av modellerna på dSpace. Tredje delsystemet är till för att utveckla modeller för VVT och gasspjället.

2.5 Avgränsningar

Utveckling av regulatorn kan ske baserat på befintlig motor som finns i motortestcellen med den tillhandahållna tiden.



2.6 Generella krav på hela systemet

I tabellen nedan sammanställs generella krav på systemet.

Kravnummer	Version	Krav	Prioritet
1	0.1	Produkten skall innehålla en regulator för momentstyrning där gasspjäll och insugskamfasning används.	1
2	0.2	Produkten skall innehålla en regulator för momentstyrning där avgaskamfasning används.	2
3	0.2	Produkten skall innehålla en regulator för momentstyrning där wastegaten används.	3
4	0.1	Tillstånd som krävs för reglering skall ha tagits fram och skall ha använts för att utveckla lämpliga modeller.	1
5	0.2	Produkten skall kunna lösa ett optimeringsproblem.	1
6	0.4	Produkten skall kunna hantera fall där en aktuator är trasig (endast gasspjäll och VVT).	2
7	0.1	Modellerna skall vara implementerade i Matlab/Simulink.	1
8	0.1	Motorlabbet skall ha nyare Matlab/Simulink version driftsatt.	1
9	0.1	Regulatorn skall ha implementerats i realtidsprototypsystemet i motortestcellen.	1
10	0.1	Regulatorn skall ha utvärderats i Linköping universitets motortestcell.	1



3 Reglersystem

Reglersystemet är det system som innefattar alla regulatorer som reglerar åtminstone gasspjäll och insugskamfasning till motorn. I detta system skall en MPC finnas samt vara multivariabel och kunna hantera det fall att en aktuator går sönder. Alla utvecklade regulatorer skall först testas genom lämpliga simuleringar i simuleringsmiljön i Matlab/Simulink och därefter prövas i realtid i motorlabbet.

3.1 Gränssnitt

Nedan presenteras de krav som ställs på gränssnittet mellan reglersystemet och andra system.

Kravnummer	Version	Krav	Prioritet
11	0.2	Det skall gå att simulera reglersystemet med motormodell i den utvecklade simuleringsmiljön i Matlab/Simulink.	1
12	0.4	Reglersystemet skall demonstreras i motortestcellen.	1

3.2 Designkrav

Nedan presenteras designkrav på reglersystemet.

Kravnummer	Version	Krav	Prioritet
14	0.2	En MPC baserad på modeller som tagits fram skall finnas.	1
15	0.4	En enkel MPC (SISO) skall ha tagits fram.	1
16	0.5	En MIMO MPC skall ha tagits fram.	2
17	0.4	MPC skall ha referensföljning	1
18	0.4	MPC skall ha integralverkan	1
19	0.2	Linjärvadratisk reglering (LQR) skall ha undersökts och jämförts med MPC.	2
20	0.1	Kod för regulatorerna skall vara skrivet enligt Googles kodstandard.	1



3.3 Funktionella krav för reglersystemet

Nedan listas de funktionella krav som ställs på reglersystemet.

Kravnummer	Version	Krav	Prioritet
21	0.1	Reglersystemet skall reglera gasspjället.	1
22	0.2	Reglersystemet skall reglera gasspjället och insugsventilen.	2
23	0.4	Reglersystemet skall ha stöfria övergångar.	1
24	0.2	Reglersystemet skall reglera gasspjället, insugsventilen och avgasventilen.	2
25	0.2	Reglersystemet skall reglera gasspjället, insugsventilen, avgasventilen och wastegate.	2
26	0.4	Optimeringsproblemet skall lösas och testas med flera uppdateringsfrekvenser.	1
27	0.1	Reglersystemet skall vara stabilt kring linjäriseringspunkten.	1



4 Simuleringsmiljön

För att kunna utveckla och validera regulatorer måste dessa kunna testas i en simuleringsmiljö för att undvika höga driftskostnader och eventuella risker vid felreglering. Denna simuleringsmiljö skall utvecklas i Matlab/Simulink och baseras på modeller som är framtagna för förbränningsmotorn som behövs integreras i befintlig modell för motor såsom ingående gasspjäll, insugskamfasning och eventuellt wastegate. Dessa modeller skall kunna simuleras i kombination med regulatorer.

4.1 Externa gränssnitt

Nedan listas krav som ställs på externa gränssnittet för simuleringsmiljön.

Kravnummer	Version	Krav	Prioritet
28	0.1	Alla modeller skall implementeras på befintliga motormodellen.	1
29	0.4	Reglersystemet skall verka med simuleringsmiljön.	1

4.2 Designkrav

Nedan listas de designkrav som ställs på simuleringsmiljön.

Kravnummer	Version	Krav	Prioritet
30	0.1	Alla modeller skall vara skapta i Matlab/Simulink.	1
31	0.1	Modellerna skall vara kommenterade (signaler och block).	1
32	0.3	Modeller skall till en början ha enkel dynamik som följer generella beteendet.	1
33	0.4	Avancerade modeller skall ha framtagits.	2
34	0.2	Simuleringsmiljön skall ha ett användarvänligt GUI.	3



4.3 Funktionella krav för simuleringsmiljön

Nedan listas alla funktionella krav för simuleringsmiljön.

Kravnummer	Version	Krav	Prioritet
35	0.1	Modell för gasspjäll skall finnas.	1
36	0.1	Modell för insugskamfasning skall finnas.	1
37	0.4	Modell för wastegate och turbo skall finnas.	3
38	0.2	Modell för avgasventil skall finnas.	2
39	0.1	Modellerna skall baseras på mätdata och stämma bra överens med dessa.	1

5 Prestandakrav

Regleringen skall kunna implementeras på en verklig motor. Därav måste dess verkan vara realistiska, och en bilförare skall tycka att responsen på momentet är bekvämt. För att undvika det måste eventuella oscillationer minska till acceptabel nivå. En översläng av moment skall endast leverera positivt bidrag. Nedan listas samtliga prestandakrav.

Kravnummer	Version	Krav	Prioritet
40	0.3	Modellens estimerade moment skall stämma överens med uppmätt moment i testcellen inom $\pm 10\%$.	2
41	0.3	Modellens estimerade moment skall stämma överens med uppmätt moment i testcellen inom $\pm 5\%$.	3
42	0.4	Stegsvaret skall endast ha en översläng.	1
43	0.3	Det statiska felet på momentet skall max vara $\pm 10\%$ vid ett stegsvar.	1
44	0.3	Det statiska felet på momentet skall max vara $\pm 5\%$ vid ett stegsvar.	3
45	0.2	Vid ett stegsvar skall överslängen eller underslängen inte överstiga 15% .	1
46	0.2	Översläng eller undersläng baserat på referensnivå på lokala toppar och dalar i körcykel NEDC skall inte överstiga 15% .	2
47	0.4	Stegsvaret vid simulering skall inte vara mer än 20% långsammare än uppmätt stegsvar från motortestlabbet.	1



6 Ekonomi

De ekonomiska begränsningarna för projektet är huvudsakligen den tid varje projektmedlem har att lägga ner på projektet, samt den tid som är tillgänglig i motortestcellen.

Kravnummer	Version	Krav	Prioritet
48	0.1	Varje projektmedlem skall avsätta 240 timmar till projektet	1
49	0.1	Tid i motortestcellen får maximalt vara 80 timmar	1
50	0.1	Handledningstid om totalt 25 timmar	1

7 Krav på säkerhet

Nedan listas krav på säkerhet i projektet.

Kravnummer	Version	Krav	Prioritet
51	0.1	Tester i motorlabbet skall alltid ha utförts tillsammans med en ansvarig anställd.	1
52	0.4	Alla regulatorer skall ha testats i simuleringsmiljö innan de kopplats på i MPC.	1

8 Leveranskrav och delleveranser

Under projektets gång finns det ett antal leveranser som sker i form av möten samt konferenser.

Kravnummer	Version	Krav	Prioritet
53	0.2	BP2: Godkänd kravspecifikation, projektplan, tidsplan, designspecifikation (utkast). Kontroll av milstolpar, reservtid och finansiering till BP5.	1
54	0.1	BP3: Designspecifikation, Testplan	1
55	0.1	BP5: Kravverifiering, leverans av kod, användarhandledning och testprotokoll	1
56	0.1	BP6: Teknisk dokumentation, efterstudie, poster, hemsida, video	1
57	0.1	Statusrapport och tidsrapport levereras veckovis till beställare	1



9 Dokumentation

Ett antal dokument skrivs under projektets gång och nedan presenteras samtliga tillsammans med språk, syfte, målgrupp och format/media.

Dokument	Språk	Syfte	Målgrupp	Format/Media
Kravspecifikation	Svenska	Beskriva olika krav som projektet skall uppnå	Beställare, Projektgruppen	PDF/OneDrive
Projektplan	Svenska	Beskriva den plan som projektet skall följa genom projektets gång	Beställare, Projektgruppen	PDF/OneDrive
Tidplan	Svenska	Beskriva hur tidsuppdeleningen skall vara under projektets gång	Beställare, Projektgruppen	XLS/OneDrive
Designspecifikation	Svenska	Beskriva hur systemets delar skall designas	Beställare, Projektgruppen	PDF/OneDrive
Testplan	Svenska	Plan för hur olika tester skall genomföras för att uppnå önskat resultat	Projektgruppen	PDF/OneDrive
Teknisk dokumentation	Svenska	Dokumentation över de tekniska parter som utvecklas i projektet	Kund, Teknisk ansvarig	PDF/LaTeX
Användarhandledning	Svenska	Beskrivning av hur de olika systemen som utvecklats under projektets gång kan användas	Kund, Användare	PDF/LaTeX

Kravnummer	Version	Krav	Prioritet
58	0.1	Kravspecifikation skall finnas	1
59	0.1	Projektplan skall finnas	1
60	0.1	Designspecifikation skall finnas	1
61	0.1	Tidsplan skall finnas	1
62	0.1	Testplan skall finnas	1
63	0.1	Teknisk dokumentation skall finnas	1
64	0.1	Användarhandledning skall finnas	1
65	0.1	LIPS-mallar skall användas för samtliga dokument	1