



Testprotokoll

Andreas Gunnarsson

Version 1.0

Status

Granskad		
Godkänd		



Projektidentitet

Vårterminen 2005

Linköpings tekniska högskola, Institutionen för systemteknik, ISY

Namn	Ansvar	Telefon	E-post
Andreas Gunnarsson	testansvarig (TST)	0706-81 52 31	andgu053@student.liu.se
Carl Blumenthal	grafikansvarig (GA)	0739-09 91 54	carbl471@student.liu.se
Daniel Gustavsson	webansvarig (WEB)	0735-92 74 17	dangu526@student.liu.se
Erik Carlsson	kundansvarig (KUN)	0706-27 71 43	erica640@student.liu.se
Joacim Dahlgren	designansvarig (DES)	0707-70 47 56	joada839@student.liu.se
Jonny Andersson	kvalitetssamordnare (QS)	0705-54 96 71	jonan520@student.liu.se
Kristin Fredman	dokumentansvarig (DOK)	0704-77 88 37	krifr177@student.liu.se
Petra Malmgren	projektledare (PL)	0707-16 37 00	petma082@student.liu.se

Hemsida: www.edu.isy.liu.se/~dangu526/**Kund:** Avdelningen för Reglerteknik vid LiTH**Kontaktperson hos kund:** Torkel Glad**Kursansvarig:** Anders Hansson, 013-281681, hansson@isy.liu.se**Beställare:** Johan Sjöberg, 013-282803, johans@isy.liu.se**Handledare:** David Törnqvist, tornqvist@isy.liu.se



Innehåll

1	INLEDNING	1
2	UTFÖRANDE	1
3	TIDSÅTGÅNG.....	1
4	UTVÄRDERING AV TESTARBETET	1
5	TESTER AV FLYGPLANMODELL	2
5.1	AERODYNAMIKBLOCKET.	2
5.1.1	<i>Problem och lösningar.....</i>	2
5.2	GRAVITATIONSBLOCKET.....	2
5.3	MOTORBLOCKET.....	2
5.4	STELKROPPSBLOCKET.....	2
5.4.1	<i>Total acceleration.....</i>	2
5.4.2	<i>Rörelseekvationer.....</i>	2
5.4.3	<i>Totalt moment.....</i>	2
5.4.4	<i>Problem och lösningar.....</i>	2
5.5	ÖVERGRIPANDE FLYGPLANSMODELLEN.....	3
5.5.1	<i>Problem och lösningar.....</i>	3
6	TESTER AV REGULATORN	3
6.1	PROBLEM OCH LÖSNINGAR.....	3
6.1.1	<i>Styrlåda.....</i>	3
6.1.2	<i>Referensskapare.....</i>	4
6.1.3	<i>ManöverBlock.....</i>	4
6.1.4	<i>AutopilotBlock.....</i>	4
7	SYSTEMTEST	4
7.1	BRISTER I SYSTEMTEST	4
	APPENDIX A – TESTPROTOKOLL AERODYNAMIKBLOCKET.....	5
	APPENDIX B – TESTPROTOKOLL GRAVITATIONSBLOCKET	8
	APPENDIX C – TESTPROTOKOLL MOTORBLOCKET.....	9
	APPENDIX D – TESTPROTOKOLL TOTALACCELERATIONS BLOCKET ...	10
	APPENDIX E – TESTPROTOKOLL RÖRELSEEKVATIONER.....	11
	APPENDIX F – TESTPROTOKOLL TOTALTMOMENT	12
	APPENDIX G – TESTPROTOKOLL STELKROPPSBLOCKET	13
	APPENDIX H – TESTPROTOKOLL FLYGPLANSMODELLEN	14
	APPENDIX I – TESTPROTOKOLL STYRLÅDA	16
	APPENDIX J – TESTPROTOKOLL REFERENSSKAPARE	17
	APPENDIX J – TESTPROTOKOLL SYSTEMTEST	18



Dokumenthistorik

version	datum	utförda förändringar	utförda av	granskad
0.1	2005-05-02	Dokumentet skapat	AG	PM
0.2	2005-05-04	Små ändringar utförda samt att vissa krav till har blivit uppfyllda	AG	PM
1.0	2005-05-17	Slutgiltig version	AG	CB



1 Inledning

Syftet med detta dokument är att sammanställa och granska testerna av systemet. Problem som uppkommit kommer också att beskrivas tillsammans med dess lösningar. I appendix finns tillgång till testprotokoll för de enskilda testerna.

2 Utförande

Testerna har till en början utförts i Simulinkmiljö där man kontrollerade vilka signaler som skickades in i testobjekten och sedan kunde studera alla interna signaler i detalj med hjälp av scopes. På detta sätt kan man lokalisera eventuella fel på ett effektivt och exakt sätt. När vi tyckte att det fungerade på ett bra sätt kopplade vi in FlightGear och joystick och testade så allt kändes bra när vid flygning. Testningen har utgått från testplanen i den mån som var möjlig.

3 Tidsåtgång

Eftersom många tester skett parallellt med implementeringen har stor del av testtiden bokförts på implementering istället för test. Detta har resulterat i en skev fördelning av tidsåtgången.

4 Utvärdering av testarbetet

På grund av projektets karaktär kunde inte testningen vara så precis som man kanske önskar. Att avgöra om en utsignal är rimlig eller inte är ett för vagt krav för att garantera att blocket i sig är korrekt. Det skulle ha krävt massiva handberäkningar för att mer precist kunna avgöra om en utsignal är vad den borde, vilket skulle ha tagit alldeles för lång tid att utföra. På grund av den vaga formuleringen i testplanen har vissa fel gått obemärkt förbi för att sedan visa sig då blocken kopplades ihop. Det har dock inte varit några problem att lokalisera i vilket block felet har uppkommit. Att felen gick obemärkt förbi beror till stor del på att vi bedömde rimlighetsnivån utifrån kunskapen vi har erhållit i kursen "Flygmekanik för Y". I den kursen användes ekvationerna vi från början implementerade i modellen. Dessa visade sig otillräckliga för fri flygning, i laborationerna i den kursen var flygplanet alltid i närheten av sitt referenstillstånd (flygning rakt fram med buken riktad mot jordytan). Detta uppenbarade sig då blocken sammankopplades. Att det är så få fel dokumenterade i denna testrapport beror på att blocken testats systematiskt under uppbyggnadsfasen. Detta har gjort att alla småfel har avhjälpats innan den dokumenterade testningen påbörjats. Mycket av testningen på regulatorn har skett visuellt genom flygning i FlightGear vilket lett till att vi vet att den fungerar bra men inte hur bra den verkligen är.



5 Tester av flygplanmodell

5.1 Aerodynamikblocket.

Testerna har skett enligt testplanen och fungerat på ett tillfredställande sätt. Vi har kunnat avgöra om vi fått rimliga signaler med hjälp av kunskapen inhämtad i kursen ”Flygmekanik för Y”.

5.1.1 Problem och lösningar

Aerodynamikblocket har ställt till problem för flygmodellsgruppen. Ekvationerna som först implementerades var otillräckliga för fri flygning, vilket resulterade i att orimliga krafter och moment uppstod då planet avvek från sitt referenstillstånd. Problemet löstes med att en mer avancerad modell byggdes upp med hjälp av färdigdefinierade block som finns tillgängliga i toolboxen Aerosim.

5.2 Gravitationsblocket

Testningen av gravitationblocket har fungerat bra och inga större fel har uppstått. Vi bestämde oss för att använda kvaternioner istället för eulervinklar här för att få så kontinuerliga signaler i systemet som möjligt.

5.3 Motorblocket

Ett enkelt block där inga fel har uppstått.

5.4 Stelkroppsblocket

Detta är det matematiskt mest krävande blocket och det är svårast att lokalisera var eventuella fel uppstår.

5.4.1 Total acceleration

Ett enkelt block där inga fel har uppstått.

5.4.2 Rörelseekvationer

Få tester skedde på enbart det här blocket, eftersom vi de övriga blocken i stelkroppsblocket var så enkla valde vi att utföra mer ingående tester då dessa var sammankopplade.

5.4.3 Totalt moment

Ett enkelt block där inga fel har uppstått.

5.4.4 Problem och lösningar

Det block som inte fungerade tillfredsställande i stelkroppsblocket var rörelseekvationsblocket. Vi ändrade i vissa av underblocken i rörelseekvationsblocket så att alla underblock använde kvaternioner. Eulervinklarna har svagheten att de hastigt ändrar värden då flygplanet loopar samt att de inte är definierade om man flyger rakt upp.



Detta ställde till problem i vissa av integratorerna. Felen som uppstod i detta block var väldigt svåra att lokalisera, dels på grund av att vi inte var helt säkra på hur kvaternionerna fungerade men även att Simulink hade svårt att hantera det matematiska vilket gjorde att en signal kunde gå från noll till ett enormt stort värde på infinitesimal tid. Då vi använde kvaternioner istället för eulervinklar fungerade det mycket bättre. Ett problem kvarstod dock, när planet roterar snabbt klarar inte integratorerna av att integrera de häftigt varierande signalerna. Detta problem uppstår endast då piloten helt har tappat kontroll över planet. Vi lade därför till begränsningar på hur fort planet kan rotera vilket ledde till önskat resultat.

5.5 Övergripande flygplansmodellen

Testerna på den färdiga flygplansmodellen har fungerat mycket bra. Att vi kunde göra flygplanet stabilt genom att ändra ett plustecken till ett minustecken i initieringen kunde veriferingen av att flygmodellen var korrekt uppbyggd underlättas. Efter att användargränssnittet mellan Simulink och FlightGear och joysticken var klart, gick testutförandet från att studera grafer i Simulink till att studera flygplanets uppträdande visuellt i FlightGear. Möjligheten att efter flygningen i FlightGear kunde studera hur signalerna i Simulink uppträtt har varit till stor nytta för att eliminera felkällor.

5.5.1 Problem och lösningar

Det har inte uppstått några problem mellan blocken. Det har varit lätt att lokalisera i vilket block felet har uppstått. Svårigheten har legat i att lokalisera var i det aktuella blocket felet ligger. De stora förändringarna som skett i detta block var att aerodynamiken byttes mot en annan samt att vi till en större del ersatte eulervinklar med kvartiljoner. Efter dessa förändringar har blocket fungerat utan problem.

6 Tester av regulatorn

Testningen av regulatorn var dåligt definierad i testplanen, detta beroende på att vi inte hade några krav på stegsvar etcetera. Testerna skedde i Simulink tills det att vi kunde göra planet såpass stabilt att det inte var helt okontrollerbart, efter detta gick det över till testning i FlightGear där man mer direkt kunde studera och känna hur flygplanet uppförde sig, förfiningar på parametrar kunde då varieras till dess att vi var nöjda med flygplanets reaktioner på joystickutslagen.

6.1 Problem och lösningar

Det första större problem som uppenbarade sig var hur linjäriseringen av flygplansmodellen. Vi använde oss av funktionen *linmod* i Matlab, vilken vi inte fullt behärskade. Efter lite hjälp från handledarna löste sig problemet.

6.1.1 Styrlåda

Styrlådan har inte inneburit några större bekymmer att utveckla och alla tester har varit lyckade. Dock har den uppdaterats en del under projektets gång. Nya knappar som ska in, olika definitioner på signaler och så vidare.



6.1.2 Referensskapare

Ett enkelt block som inte innebar några bekymmer.

6.1.3 ManöverBlock

Här var LQ-regleringen för tantmod och racemod tänkt att implementeras. I tantmod reagerar planet långsammare på joystickutslag samt att planet känns stabilare än i racemod. Till slut så byggdes även autopiloten på detta block. Många problem har uppstått, och ett stort antal L-matriser har tagits fram och testats med icke-önskvärda resultat. Bekymmer uppstod när för mycket svängar gjordes. Orsaken till detta var att farten blev för liten vilket medförde att den linjäriserade modellen avvek för mycket från den verkliga och då fungerade inte regulatoren. Detta löstes med en begränsning på farten i flygplansmodellen. Detta medförde ett problem då flygplanet startar, men kunde efter lite arbete lösas genom att begränsningen inte aktiveras innan flygplanet kommit över gränshastigheten. Landningen berördes inte av fart begränsningen eftersom hela flygmodellen kopplas ur då landningen påbörjas.

6.1.4 AutopilotBlock

Från början var Autopilotblocket helt frikopplat från manöverblocket. Detta ledde till att de utvecklades samtidigt. Dock uppkom olika bekymmer i de båda. Autopiloten hade inte bekymret med kraftigt varierande farter eftersom det går att se till att planets rör sig på ett kontrollerat sätt. Däremot uppkom andra bekymmer som var svåra att lokalisera härkomsten av. Efter att ha testat att flyga planet åt olika håll framstod det tydligt att den linjäriserade modellen frångick den verkliga mer och mer då planet ändrade riktning. Detta berodde på att reglering skulle göras på kvaternionerna som är markfixa. Detta bekymmer gick att frångå då manöverblocket blev klart och dessa kunde kasadkopplas. Manöverblocket gjorde då planet stabilt och autopilotblocket såg till att skicka lämpliga referenser. Efter att detta genomfördes har alla test varit lyckade.

7 Systemtest

Systemtestet har skett utifrån testplanen i den mån som var möjlig. Eftersom testerna på regulatoren har innefattat flygmodellen har således hela systemet testas frekvent under en längre tid. Detta har resulterat i att småfel har rättats till innan systemtestet genomfördes. Systemtestets utfall finns dokumenterat i Appendix J.

7.1 *Brister i systemtest*

Problem att utföra tester har uppstått för att flygsimulatorens inte är helt färdigställd. De flesta tester har varit visuella på grund av tidsbrist. Vi har studerat hur flygplanet uppför sig under flygning för att avgöra om flygplanet är stabilt, samt att vi studerat kopplingar i Simulink för att avgöra i vilken grad vi har uppnått modulariteten. Att vissa av kraven ej är behandlade beror delvis på att implementeringen inte är helt slutförd samt brist på hårdvara. Vi har till exempel inte tillgång till en bra bärbar dator som flygsimulatorens kan installeras på.



Appendix A – Testprotokoll Aerodynamikblocket

Testprotokoll

Testkomponent: Aerodynamikblocket

Testnummer: 1.1

Försök nr: 1

Beskrivning av test:

Konstanta insignaler skickas in i blocket. Utsignalerna studeras med scopes.

Resultat av test:

Krafter och moment är rätt riktade. Storleken känns rimlig. Linjäriseringen ger dock en stor kraft upp genom planet hela tiden. Väntar på övriga block för att kunna avgöra om planet uppför sig bra.

Godkänt **Icke Godkänt**

Utfört av:

Andreas Gunnarsson

Datum: 2005-04-04



Testprotokoll

Testkomponent: Aerodynamikblocket

Testnummer: 1.2

Försök nr: 1

Beskrivning av test:

Stegformade signaler skickas in i blocket. Utsignalerna studeras med scopes.

Resultat av test:

Krafter och moment är rätt riktade. Storleken känns rimlig. Linjäriseringen ger dock en stor kraft upp genom planet hela tiden. Väntar på övriga block för att kunna avgöra om planet uppför sig bra.

Godkänt [X] Icke Godkänt []

Utfört av:

Andreas Gunnarsson

Datum: 2005-04-04



Testprotokoll

Testkomponent: Aerodynamikblocket

Testnummer: 1.3

Försök nr: 1

Beskrivning av test:

Sinusformade signaler skickas in i blocket. Utsignalerna studeras med scopes.

Resultat av test:

Krafter och moment är rätt riktade. Storleken känns rimlig. Linjäriseringen ger dock en stor kraft upp genom planet hela tiden. Väntar på övriga block för att kunna avgöra om planet uppför sig bra.

Godkänt [X] Icke Godkänt []

Utfört av:

Andreas Gunnarsson

Datum: 2005-04-04



Appendix B – Testprotokoll Gravitationsblocket

Testprotokoll

Testkomponent: Gravitationsblocket

Testnummer: 2.1

Försök nr: 1

Beskrivning av test:

Konstanta vinklar skickas in i blocket. Utsignalerna studeras med scopes.

Resultat av test:

Kraften verkar i rätt riktning.

Godkänt **Icke Godkänt**

Utfört av:

Andreas Gunnarsson

Datum: 2005-04-04



Appendix C – Testprotokoll Motorblocket

Testprotokoll

Testkomponent: Motorblocket

Testnummer: 3.1

Försök nr: 1

Beskrivning av test:

Utsignalerna studeras med scopes.

Resultat av test:

Kraften verkar i rätt riktning och varierar med gaspådraget på ett bra sätt.

Godkänt [X] Icke Godkänt []

Utfört av:

Andreas Gunnarsson

Datum: 2005-04-04



Appendix D – Testprotokoll Totalaccelerations blocket

Testprotokoll

Testkomponent: Totalacceleration

Testnummer: 4.1, 4.2, 4.3

Försök nr: 1

Beskrivning av test:

Olika slags signaler skickas in i blocket. Utsignalerna studeras med scopes. Det kan inte bli fel i detta block så har därför slagit ihop dessa 3 tester.

Resultat av test:

Inga problem alls.

Godkänt **Icke Godkänt**

Utfört av:

Andreas Gunnarsson

Datum: 2005-04-04



Appendix E – Testprotokoll Rörelseekvationer

Testprotokoll

Testkomponent: Rörelseekvationer

Testnummer: 5.1, 5.2, 5.3

Försök nr: 1

Beskrivning av test:

Olika slags signaler skickas in i blocket. Utsignalerna studeras med scopes. Det är svårt att avgöra vad för signaler som ska skickas in och vad som ska komma ut. Detta block får studeras närmre när vi kan sätta ihop detta med de övriga blocken.

Resultat av test:

Signalerna verkar helt klart rimliga. Men blocket måste studeras närmare senare.

Godkänt **Icke Godkänt**

Utfört av:

Andreas Gunnarsson

Datum: 2005-04-04



Appendix F – Testprotokoll Totaltmoment

Testprotokoll

Testkomponent: Totaltmoment

Testnummer: 6.1, 6.2, 6.3

Försök nr: 1

Beskrivning av test:

Ett enkelt block där momenten bara summeras. Det behövs inga större tester.

Resultat av test:

Blocket fungerar.

Godkänt [X] Icke Godkänt []

Utfört av:

Andreas Gunnarsson

Datum: 2005-04-04



Appendix G – Testprotokoll Stelkroppsblocket

Testprotokoll

Testkomponent: Stelkroppsblocket

Testnummer: 7.1

Försök nr: 1

Beskrivning av test:

Det är bara i rörelseekvationsblocket det kan gå fel. Signaler skickas in i blocket och utsignalerna studeras med scopes. Striktare testning måste ske när modellen är klar.

Resultat av test:

Det ser ut att fungera bra.

Godkänt [X] Icke Godkänt []

Utfört av:

Andreas Gunnarsson

Datum: 2005-04-04



Appendix H – Testprotokoll Flygplansmodellen

Testprotokoll

Testkomponent: Flygplansmodellen

Testnummer: 8.1

Försök nr: 1

Beskrivning av test:

Signaler skickas in i blocket och utsignaler samt interna signaler studeras med scopes.

Resultat av test:

Planet reagerar som det bör på rodervinklar, men krafterna på planet blir orimliga när planet inte befinner sig referenstillståndet. Felet ligger i ekvationerna i aerodynamikblocket, en mer avancerad modell måste sättas in.

Godkänt [] Icke Godkänt [X]

Utfört av:

Andreas Gunnarsson

Datum: 2005-04-04



Testprotokoll

Testkomponent: Flyplansmodellen

Testnummer: 8.1

Försök nr: 2

Beskrivning av test:

Signaler skickas in i blocket och utsignaler samt interna signaler studeras med scopes.

Resultat av test:

Planet reagerar som det bör. Matematiska problem uppstår i rörelseekvationsblocket då planet är ur kontroll. Lösning: begränsningar på rollhastighet läggs in. Men problemet kvarstår i viss mån. Så länge föraren har kontroll på planet händer uppstår inga problem, inga åtgärder behöver göras. Flygmodell klar.

Godkänt **Icke Godkänt**

Utfört av:

Andreas Gunnarsson

Datum: 2005-04-10



Appendix I – Testprotokoll Styrlåda

Testprotokoll

Testkomponent: Styrlåda

Testnummer: 9.1, 9.2, 9.3

Försök nr: 1

Beskrivning av test:

Olika slags signaler skickas in i blocket. Utsignalerna studeras med scopes.

Resultat av test:

Blocket är ok.

Godkänt [X] Icke Godkänt []

Utfört av:

Andreas Gunnarsson

Datum: 2005-04-04



Appendix J – Testprotokoll Referensskapare

Testprotokoll

Testkomponent: Referensskapare

Testnummer: 10.1, 10.2, 10.3

Försök nr: 1

Beskrivning av test:

Olika slags signaler skickas in i blocket. Utsignalerna studeras med scopes.

Resultat av test:

Blocket är ok.

Godkänt **Icke Godkänt**

Utfört av:

Andreas Gunnarsson

Datum: 2005-04-04

**Appendix J – Testprotokoll Systemtest**

Testnr	Godkänt	Icke-godkänt	Kommentar	Tillhörande krav samt prioritet	Utfört av
11.1	X			Krav 1 Prioritet 1	AG
11.2	X			Krav 2 Prioritet 1	AG
11.3	X			Krav 3 Prioritet 1	AG
11.4			Ej behandlad	Krav 4 Prioritet 3	
11.5	X			Krav 5 Prioritet 1	AG
11.6	X			Krav 6 Prioritet 1	AG
11.7	X			Krav 7 Prioritet 3	AG
11.8	X			Krav 8 Prioritet 1	AG
11.9	X			Krav 9 Prioritet 1	AG
11.10	X			Krav 10, 11 Prioritet 1	AG
11.11	X			Krav 10, 12 Prioritet 1	AG
11.12	X			Krav 13 Prioritet 2	AG
11.13	X			Krav 14 Prioritet 1	AG
11.14	X			Krav 10, 15 Prioritet 1	AG
11.15	X			Krav 16 Prioritet 1	AG
11.16	X			Krav 17 Prioritet 2	AG
11.17			Det finns möjlighet att spara sin flygning men joysticksdatabas ej.	Krav 18 Prioritet 2	
11.18			Ej behandlad	Krav 19 Prioritet 3	



11.19	X			Krav 20 Prioritet 2	AG
11.20	X			Krav 21 Prioritet 2	
11.21	X			Krav 22 Prioritet 3	
11.22	X			Krav 23 Prioritet 3	AG
11.23	X			Krav 24 Prioritet 3	AG
11.24	X			Krav 25 Prioritet 1	AG
11.25	X			Krav 26 Prioritet 1	AG
11.26	X			Krav 27 Prioritet 3	AG
11.27	X			Krav 28 Prioritet 1	AG