

Framstående utbildningsmiljö – Hur blir man det?

Svante Gunnarsson

Institutionen för Systemteknik
Linköpings Universitet
svante@isy.liu.se

Lennart Ljung

Institutionen för Systemteknik
Linköpings Universitet
ljung@isy.liu.se

Lars Nielsen

Institutionen för Systemteknik
Linköpings Universitet
lars@isy.liu.se

Inger Klein

Institutionen för Systemteknik
Linköpings Universitet
inger@isy.liu.se

Sammanfattning

Studierektorsområdet Reglersystem vid LiTH (Tekniska Högskolan vid Linköpings universitet) tilldelades 2007 utmärkelsen Framstående Utbildningsmiljö av Högskoleverket. Utmärkelsen gavs till sammanlagt fem utbildningsmiljöer, varav två är verksamma inom ingenjörsutbildning. I detta bidrag avser vi att redogöra för denna process och de faktorer som främst bidrog till att området Reglersystem fick denna utmärkelse. De faktorer som lyfts fram som centrala för att åstadkomma en god utbildningskvalité är framför allt att ha tydliga mål för utbildningen, en gedigen ämnesmässig grund, en väl fungerande organisation och positiv attityd bland alla medverkande samt former för lärande och examination som är anpassade till utbildningens mål.

Utmärkelsen Framstående Utbildningsmiljö

I början av 2007 inbjöd Högskoleverket (HSV) landets lärosäten att nominera kandidater till den nyinrättade utmärkelsen Framstående Utbildningsmiljö. Inbjudan resulterade i totalt 26 ansökningar från ett stort antal lärosäten och från många olika områden. Efter en inledande granskningsprocedur utvaldes nio miljöer för en fördjupad granskning i form av platsbesök, vilka genomfördes av en internationellt sammansatt utvärderargrupp. Bland dessa nio utvaldes slutligen fem miljöer, vilka tilldelades utmärkelsen Framstående Utbildningsmiljö för 2007. En av utmärkelserna tilldelades studierektorsområdet Reglersystem, vid LiTH (Tekniska Högskolan vid Linköpings universitet). Det kan också noteras av två av fem utmärkelser tilldelades utbildningsmiljöer inom ingenjörutbildning, eftersom en av utmärkelserna gick till civilingenjörsprogrammet Farkostteknik vid KTH.

Studierektorsområdet Reglersystem

Studierektorsområdet Reglersystem består av ämnesområdena Reglerteknik respektive Fordonssystem vilka tillhör Institutionen för Systemteknik vid LiTH. Området består för närvarande av ca 50 personer, varav sex professorer, fem universitetslektorer, ca tio forskarassistenter och ca 25 doktorander. Området ger en grundkurs i Reglerteknik till samtliga civilingenjörsprogram och flertalet högskoleingenjörsprogram vid LiTH:s campus i Linköping, vilket innebär ca 600 studenter årligen. Därutöver erbjuds ett flertal fortsättningskurser, såsom Reglerteori, Digital signalbehandling, Modellbygge och simulering, Fordonssystem, Fordonsdynamik och reglering, Diagnos och övervakning, Reglerteknisk projektkurs, m m. Dessa kurser väljs främst av studenter från utbildningsprogrammen Teknisk fysik och elektroteknik (Y), Maskinteknik (M) och Datateknik (D), och kurserna brukar ha ca 50-80 studenter årligen. Ett stort antal studenter genomför sitt examensarbete inom studierektorsområdet och under de senaste tio åren har ca 450 examensarbetare examinerats.

Vi anser att kvalitén på områdets utbildning vilar på fyra grundläggande hörnstenar:

- En tydlig bild av målen för ingenjörutbildning och vilka kunskaper och färdigheter som förväntas av en civilingenjör.
- En stark ämnesmässig och vetenskaplig grund.
- En välutvecklad organisation och en konsekvent attityd med utgångspunkten att undervisning är en central och mycket angelägen verksamhet inom området.
- Metoder och infrastruktur för lärande och examination som överensstämmer med målen för kunskaper och färdigheter.

Nedan avser vi att utveckla dessa fyra grundstenar och bland annat ge exempel på former för lärande och examination som tillämpas inom områdets kurser.

Utbildningens mål

En nödvändig utgångspunkt för att kunna erbjuda ingenjörutbildning av god kvalitet är att ha en klar bild och beskrivning av vad som är utbildningens mål, och detta kan göras genom att utgå från de kunskaper och färdigheter som en färdig civilingenjör förväntas ha. Dessa mål kan formuleras för ingenjörutbildning i allmänhet, och är i högsta grad tillämpbara för utbildningen inom området Reglersystem. Målen för en civilingenjörskunskaper och färdigheter kan struktureras med hjälp av följande fyra huvudrubriker:

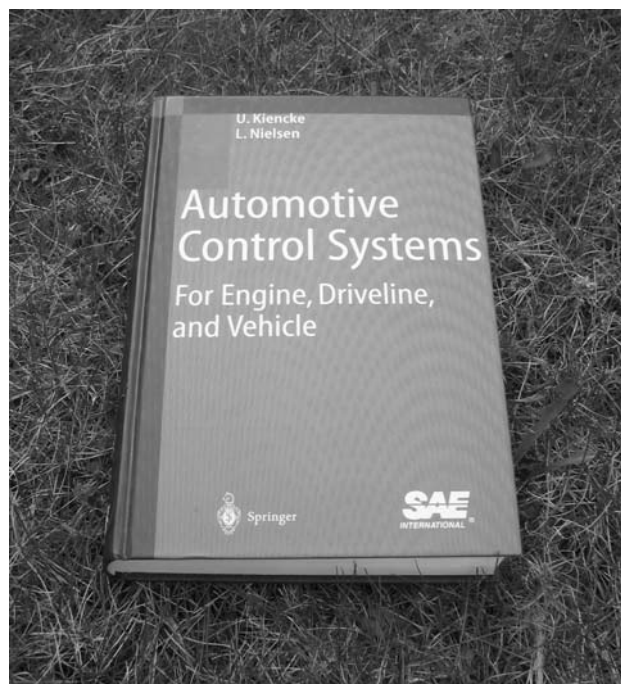
- Solida ämneskunskaper i matematik, naturvetenskap och teknik.
- Personliga egenskaper som ger förmågan att tillämpa de teoretiska kunskaperna
- Förmågan att samarbeta med andra personer och att kommunicera.
- Förmåga att delta i och bidra till processen att utveckla ny teknik.

Som presenteras i avsnittet nedan om *Lärande och examination* är ambitionen inom området Reglersystem att den utbildning som erbjuds ska ha dessa mål som utgångspunkt vid utformning av aktiviteter för lärande och examination.

Ämnesmässig grund

Reglersystem utgör också ett av LiTH:s forskningsområden, och områdets forskning har ett brett perspektiv och täcker såväl grundläggande teoretiska frågeställningar som tillämpningsnära frågor i nära samarbete med industri. Områdets medarbetare har under årens lopp publicerat ett stort antal böcker, tidskrifts- och konferensartiklar inom området. För närvarande medverkar Reglersystem i den SSF-stödda starka forskningsmiljön MOVIII, VINNOVA:s Industry Excellence Center LINK-SIC, EU-projektet COFLOU, samt i ett flertal andra nationella och internationella forskningsprogram. Området ingår även i CADICS, vilket 2008 fick ett tioårigt Linnéstöd från Vetenskapsrådet.

Den starka ämnesmässiga grunden inom området har också en stark koppling till grundutbildningen, vilket bland annat visar sig genom att ett flertal läroböcker tagits fram inom området. Som exempel kan nämnas den grundläggande läroboken i reglerteknik (Glad & Ljung, 2006), vilken nyligen utkom fjärde upplagan, och används vid ett flertal lärosäten i landet. (Glad & Ljung, 2003) och (Ljung & Glad, 2004) är de enda böckerna på svenska i sitt slag, och båda finns även översatta till engelska, och boken Automotive Control Systems (von Kiencke & L.Nielsen, 2005) har blivit något av en standardreferens inom sitt område och den används vid flera universitet i världen



Figur 1: Böcker som skrivits av medarbetare inom studierektorsområdet Reglersystem.

Organisation och kvalitetssäkring

En välutvecklad och väl fungerande organisation samt mekanismer för kontinuerlig uppföljning av kvalitén är starkt bidragande faktorer för att bedriva utbildning av god kvalitet. Området Reglersystem har under årens lopp utvecklat organisation och rutiner för att underlätta såväl de inblandade lärarnas eget arbete som studenternas eget lärande. Detta innefattar så grundläggande saker som klar, tydlig och lättåtkomlig information om de kurser som ges, samt deras mål, organisation och genomförande. Detta åstadkoms via web-baserade kursinformationer där all relevant information kring en kurs samlas och hålls uppdaterad. Kring varje kurs finns även en väldefinierad organisation med tydliga roller för de olika aktiviteterna som är knutna till en kurs, såsom planering av laborationer, utbildning av laborationshandledare, etc. Det finns vidare en tydlig fördelning av uppgifter rörande underhåll och utveckling av laboration, ansvar för kursmaterial, etc.

Inom LiTH används ett flertal metoder för att kontinuerligt följa upp resultat och kvalitet i utbildningen, och dessa tillämpas naturligtvis även på de kurser som ges av området Reglersystem. Utöver dessa finns interna kompletterande rutiner för kvalitetssäkring. Som exempel kan nämnas de veckovisa möten som hålls inom respektive ämnesområde och där utbildningsfrågor ofta diskuteras, regelbundna möte medan en kurs genomförs samt de uppföljningsmöten som genomförs efter att en kurs avslutats.

Ledarskap och engagemang

Studierektorsområdet Reglersystem består av ämnesområdena Reglerteknik respektive Fordonssystem, vilka leds av ämnesföreträdarna Lennart Ljung respektive Lars Nielsen. Områdets utbildningsverksamhet leds av en gemensam studierektor. Studierektorsrollen innefattar bland annat både kort- och långsiktig planering, budgetfrågor, kontinuerliga kontakter med programnämnderna, samt en lång rad andra utbildningsrelaterade frågor. Såväl alla fast anställda lärare som doktorander är verksamma inom både undervisning och forskning, och detta bidrar till att utbildningen får en stark ämnesmässig grund.

En annan viktig faktor för utbildningskvalitén är det personliga engagemanget från alla de personer som medverkar i utbildningen. Engagemanget består av olika delar och en av de viktigaste är att upprätthålla en inställning och atmosfär där utbildningen ses som viktig och angelägen. Detta innefattar exempelvis att ge utrymme för diskussioner av frågor som rör utbildningen. Engagemanget visar sig också i hur väl det kontinuerliga kvalitetsarbetet genomförs. När exempelvis en examinator ser till att det hålls regelbundna kursmöten under tiden en kurs genomförs och uppföljningsmöte efter att en kurs har avslutats visar detta för alla inblandade att man ser seriöst på utbildningsuppdraget.

Engagemanget för utbildningen visar sig också i det faktum att området Reglersystem är representerat i samtliga de fem programnämnder som ansvarar för utbildningsprogrammen vid LiTH. Representationen innefattar exempelvis ordförandeskap för programnämnden för Elektroteknik, fysik och matematik och vice ordförandeskap för programnämnden för Data- och medieteknik. Vidare är medarbetare

från området ansvariga för profiler och inriktningar inom programmen Teknisk fysik och elektroteknik, Datateknik, Industriell ekonomi och Maskinteknik.

Området har under årens lopp fått ett flertal bevis på engagemanget för och kvalitén hos de kurser som ges. Som exempel kan nämnas att lärare inom området fått sammanlagt ca 25 så kallade "Dekanusbrev" (fördelat på tolv olika lärare) som ges till kurser med särskilt goda kursvärderingar. Vidare har lärare från området sju gånger nominerats till utmärkelsen "Gyllene Moroten" vilket är teknologkårens utmärkelse för årets bästa lärarinsats. Slutligen har lärare från området sex gånger tilldelats "Iplom" från studenterna inom programmet Industriell ekonomi, för särskilt goda kursomdömen.

Lärande och examination

De kurser som ges av området Reglersystem baseras på en kombination av olika former för lärande och examination, och en kortfattad beskrivning ges nedan.

Föreläsningar och lektioner

Föreläsningar och lektioner är centrala aktiviteter när man behandlar kursers ämnesmässiga innehåll. Dessa aktiviteter, och då särskilt lektioner, kan också användas för att träna studenternas personliga egenskaper genom att uppmuntra studenternas eget arbete, och se läraren som en resurs som finns till hands för att diskutera frågor som uppkommer. Det är en ständig ambition i alla kurser att uppmuntra och stödja studenternas eget lärande. Matematik är ett centralt verktyg i alla områdets kurser och begrepp och metoder från exempelvis analys, linjär algebra och sannolikhetslära används i stor omfattning. Frågeställningar av mindre komplexitet kan ofta hanteras med papper, penna och miniräknare, men mera realistiska problemformuleringar kräver hjälp av datorer, och som en konsekvens av detta introducerades datorstödda lektioner i grundkursen i reglerteknik redan för tjugo år sedan. Ett naturligt följd av detta blev sedan att införa datorstödda tentor, vilket första gången gjordes i kursen i Digital Signalbehandling 1994. Datorstödda tentor har därefter införts i ett antal ytterligare kurser. Erfarenheter av användning av datorstödd examination har presenterats i (Gunnarsson & Millnert, 1997) och (Gunnarsson & Klein, 2008).

Laborationer

Laborationer är en central komponent i ingenjörsutbildning. Alla kurser inom området reglersystem innehåller laborationer av olika typer, från experiment med processer i laboratorieskala till laborationer innefattande industriell utrustning. Flertalet av laborationerna är utformade i en studentcentrerad form där studenterna ges ansvaret för laborationens planering och genomförande, och denna form används i såväl grundkursen i reglerteknik som i fortsättningskurser. Labmiljön Laboteket, som presenteras nedan, har utformats för att stödja ett sådant arbetssätt, och nedan kommer två exempel på hur detta görs i fortsättningskurser att presenteras. Även grundkursen i reglerteknik, vilken läses av samtliga civilingenjörstudenter, innehåller en laboration av detta slag. Instruktionerna för laborationen innehåller en omfattande uppsättning förberedelseuppgifter som ska göras före laborationen. En av förberedelserna består i att göra en plan för hur de olika experimenten ska utföras. Under laborationstillfället finns en handledare tillgänglig under

den första timmen, under de två följande timmarna förväntas studenterna jobba på egen hand och under den fjärde timmen finns handledaren tillgänglig för att svara på frågor. Efter laborationstillfället ska studenterna dokumentera sitt arbete i en skriven rapport som lämnas in till handledaren senast en vecka efter laborationstillfället. Handledaren träffar därefter laborationsgruppen och diskuterar rapporten och de resultat studenterna kommit fram till.

Projekt

Projekt blir en alltmera viktig del av ingenjörsutbildning. Ett huvudskäl för detta är att eftersom projektformen är den dominerande formen för att genomföra tekniskt utvecklingsarbete är det naturligt och önskvärt att studenterna får en grundlig träning i detta arbetssätt under utbildningen. Projektformen har funnits i varierande omfattning under många år vid LiTH, men har blivit allt vanligare under de senare åren. Ett skäl till detta är att LiTH i allmänhet och civilingenjörsprogrammet Teknisk fysik och elektroteknik (Y-programmet) i synnerhet har medverkat i The CDIO Initiative. En sammanfattning av hur programmet utvecklats genom detta deltagande ges i (Gunnarsson et al, 2005). För Y-programmet har detta inneburit man infört en sekvens av projektkurser i årskurserna ett, tre och fyra, och området Reglersystem medverkar i två av dessa kurser. Kursen Ingenjörprojekt Y ges under första terminen av årskurs ett, och kursens syfte är att ge en introduktion till ingenjörsyrket och en första erfarenhet av projektarbete. Tre av de projekt som ingår i kursen arrangeras av området Reglersystem. Under programmets fjärde år är området ansvarigt för kursen Reglerteknisk projektkurs, vilken har blivit en av de populäraste av de ca tio projektkurser som erbjuds under år fyra av Y-programmet. Under de senaste åren har kursen haft ca 40 – 50 deltagare årligen. Flertalet av projekten genomförs i samverkan med industri och några genomförs internt i samverkan med pågående forskning. En mera utförlig presentation av projektkursen och några av de projekt som genomförts ges i (Enqvist et al, 2005) och (Karlsson et al, 2006).

Problembaserat lärande

Den grundläggande idén för PBL (Problembaserat lärande) är att låta studenterna diskutera situationer som är relevanta för deras framtida yrkesutövning och använda dessa som utgångspunkt för sitt eget lärande. Detta kan leda till ett antal fördelar för studenternas lärande:

- Studenterna kan få en övergripande förståelse av varför en viss kurs är relevant för deras framtida yrkesutövning.
- Varje student kan identifiera vad han eller hon redan kan i ämnet och vad vederbörande behöver studera ytterligare.
- Diskussionerna kring hur ett visst problem ska angripas fördjupar studentens förståelse och genererar olika idéer till hur ett program ska angripas
- I diskussionssituationen integreras alla olika ämnen som behövs för att lösa ett visst problem.

Sedan 1995 baseras civilingenjörsprogrammet *Informationsteknologi* på problembaserat lärande, och området Reglersystem medverkar i de två tvärdisciplinära kurserna *Realtidsprocesser och reglering* samt *Återkopplade linjära system*. Från ett reglertekniskt

perspektiv motsvarar innehållet i dessa kurser det som ges i grundkursen i reglerteknik för andra program, med det är integrerat med aspekter från realtidssystem och understött med matematik. Lärare från Reglersystem samverkar med lärare från Institutionen för Datavetenskap respektive Matematiska institutionen i dessa kurser. Kurserna har varit framgångsrika i att integrera de olika ämnena, och nämns ofta (av både studenter och lärare) som goda exempel på hur detta kan göras. En positiv bieffekt av erfarenheterna från PBL är att det har inspirerat de inblandade lärarna att titta på sätt att öka studentaktiviteten även i andra kurser. Några av erfarenheterna från att använda PBL i reglerteknikutbildning presenteras i (Hagenblad & Klein, 2001).

Labmiljöer

Laboteket

Flertalet av laborationerna i de kurser som ges av området utförs i en labmiljö benämnd Laboteket. Namnet är en kombination av orden (**laboratorium**) och (**bibliotek**), en grundläggande idé när miljön utformades var att kombinera en traditionell labmiljö med några av viktigaste aspekterna på ett bibliotek, som en plats där man söker kunskap och en plats som är tillgänglig under i stort sett alla dygnets timmar

Labmiljön består av tre delar som hänger samman i en öppen utformning med gemensamma utrymmen för förberedelser och diskussioner. En av delarna används främst för laborationer i grundkursen i reglerteknik, och den är utrustad med datorer och interface till laboprocesser. Implementeringen av reglersystem görs med LabView.



Figur 2: Interiör från Laboteket.

Den andra delen, vilken används i bland annat Reglerteori, Modellbygge och simulering och Digital signalbehandling, är utrustad med datorer och dSpace-interface. Detta möjliggör att utveckla reglersystem med hjälp av programvaran Simulink och därefter använda möjligheten att automatgenerera programkod som sedan exekveras i en separat processor i dSpace-hårdvaran. Denna möjlighet används bland annat för att utveckla och implementera flervariabla reglersystem i kursen Reglerteori.

Den tredje delen av Laboteket används för laborationer i det som brukar benämnas sekvensstyrning. För att illustrera denna princip används datorstyrda ”fabriker” som tillverkar bilar av Legobitar. Se Figur 3. En komplett fabrik består av två delar, och utöver att varje del ska fungera individuellt måste de båda delarna kommunicera sig emellan för att hela anläggningen ska fungera. Den första generationen Legofabriker byggdes i början av åttiotalet. Såväl den mekaniska designen som de pedagogiska idéerna har utvecklats under årets lopp, och laborationen fortsätter att vara ett uppskattat inslag i de kurser där den ingår.



Figur 3: Laboration vid Legofabrik.

Pedagogiska idéer baserade på Laboteket

Laboteket är inte bara en modern och välutrustad labmiljö, utan också en möjlighet att genomföra och examinera laborationsmoment på alternativa sätt. Miljön möjliggör mera studentcenterade aktiviteter där studenterna uppmuntras att ta stort ansvar för planering och utförande av laborationerna. Vi ska här kortfattat beskriva två exempel på hur denna möjlighet utnyttjas.

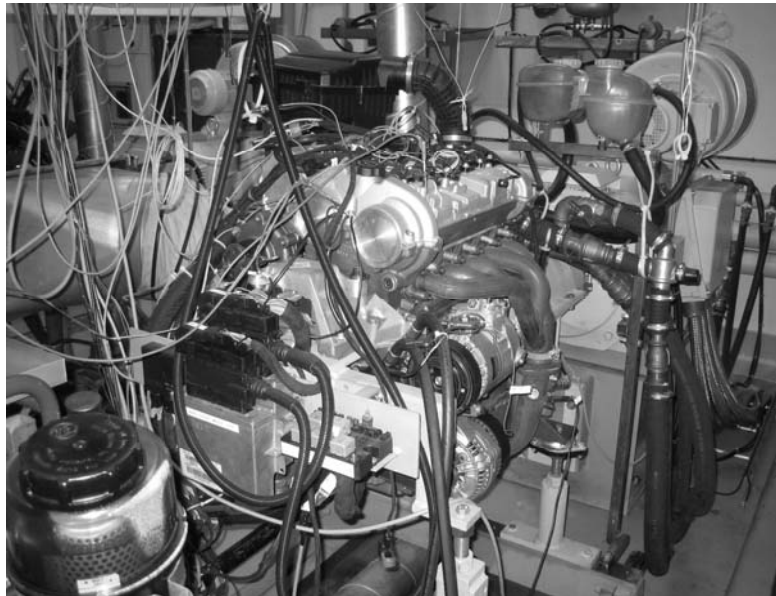
Laborationen i *Sekvensstyrning*, som nämndes i avsnitten ovan, ingår bland annat i kursen *Industriell Reglerteknik*, och den genomförs på följande sätt. Varje fabrikshalva, del A respektive del B, hanteras av en grupp av två studenter. Laborationen sträcker sig över en vecka och inleds med en introduktion och avslutas med examination. Mellan dessa två tillfällen planerar studenterna själva hur och när laborationen ska genomföras. Under introduktionen får studenterna en genomgång av hur fabrikerna fungerar och vilken programvara som ska användas. De ges också en kravspecifikation som beskriver vilka krav det färdiga styrprogrammet ska uppfylla. Under tiden studenterna genomför laborationen finns hjälp tillgänglig via en webbsida där studenterna kan rapportera tekniska fel och ställa frågor. Vid examinationen förväntas studenterna ha utvecklat och implementerat ett styrprogram sådant att kravspecifikationen uppfylls. Det slutliga testet vid examinationen på att studenterna har förstått problemet är att den person som examinerar introducerar ett fel i programmet eller fabriken. Därefter har studenterna 30 minuter på sig att lokalisera och åtgärda felet.

Ett annat exempel på hur Laboteket används är laborationen i *Systemidentifiering*, som ingår i kursen *Modellbygge och simulering*. Området systemidentifiering handlar om att skapa matematiska modeller av system med hjälp av mätdata. Systemidentifieringsprocessen består av två huvuddelar, insamling av mätdata respektive beräkning av modeller, och detta har också påverkat utformningen av laborationen. Varje laborationsgrupp har ett schemalagt tillfälle i Laboteket då datainsamlingen görs. Vid detta tillfälle finns en handledare tillgänglig. Efter detta tillfälle väljer studenterna själva när modellframtagningen, d v s skattning och validering av modellerna, görs. Resultatet, d v s såväl den färdiga modellen som en beskrivning av processen att ta fram den, ska redovisas i en rapport. Om det visar sig nödvändigt kan studenterna komma tillbaka till Laboteket vid ett senare tillfälle och göra nya datainsamlingar.

Genomföranden liknande de som beskrivits ovan används även i andra kurser. Den genomgående idén är att ge studenterna stort eget ansvar för planering och genomförande av laborationerna, och att dra nytta av att Laboteket är tillgängligt vid, i princip, alla tidpunkter under alla veckas dagar. En mera utförlig beskrivning av idéerna och erfarenheter presenteras i (McKelvey, 1999).

Motorlaboratoriet

Som ett komplement till Laboteket har området även labmiljöer utrustade med riktig industriell hårdvara. Det viktigaste av dessa är motorlaboratoriet som är utrustat med två turboladdade bensinmotorer, tillsammans med avancerad styr- och mätutrustning. Laboratoriet används för såväl utbildning som forskning.



Figur 4: Interiörer från motorlabbet.

Motorlaboratoriet har två testbänkar för test av personbilmotorer, och båda testbänkarna är utrustade med asynkronmotorer vilka kan agera som såväl drivning som last. Både testbänkarna ger möjlighet att genomföra såväl statiska som dynamiska tester, med momentförändringar med stigtider på kortare än 10 msek. För mätningar finns ett datainsamlingssystem bestående av en VXI huvuddator och en PC. VXI-datorn är utrustade med en 8-kanals A/D-omvandlare och en DSP, vilket möjliggör sampling med upp till 196 kHz per kanal samt en långsammare modul för mätningar av (upp till 64 kanaler) spänning, temperatur, ström, m m. Den långsammare modulen möjliggör också återkopplad reglering av olika motorfunktioner. Huvuddelen av de experiment som utförs gäller mätningar av cylindertryck, jonströmmar, tryck och temperatur i insugningsrör och turbo, varvtal och moment hos motor, lambdavärde, etc.

I ingenjörsutbildningen används motorlaboratoriet för laborationer i bland annat kursen *Fordonssystem*, inom ett flertal civilingenjörsprogram vid LiTH, men också inom det nationella utbildningsprogrammet *Gröna Bilen*. Även dessa laborationer har utformats för att betona studenternas eget ansvar. Laborationerna förutsätter noggrann planering, och som ett första steg tar studenterna fram en plan för vilka experiment som ska utföras. Planen måste godkännas av handledaren innan experimenten får utföras. Resultatet av modellering och experiment ska även dokumenteras och redovisas i en rapport.

Sammanfattning

Vi har i detta bidrag redogjort för det som vi anser vara fundamentala faktorer för att uppnå god kvalitet i ingenjörsutbildning. Dessa faktorer är

- En tydlig bild av målen för ingenjörsutbildning och vilka kunskaper och färdigheter som förväntas av en civilingenjör.
- En stark ämnesmässig och vetenskaplig grund.
- En välutvecklad organisation och en konsekvent attityd med utgångspunkten att undervisning är en central och mycket angelägen verksamhet inom området.
- Metoder och infrastruktur för lärande och examination som överensstämmer med målen för kunskaper och färdigheter

Bidraget har också presenterat exempel på hur dessa faktorer hanteras inom området Reglersystem vid LiTH.



Referenser

- M. Enqvist, S. Gunnarsson, M. Norrlöf, E. Wernholt och A. Hansson. The CDIO Initiative from an automatic control project course perspective. In 16th IFAC World Congress, Prague, Czech Republic, 2005.
- T. Glad och L. Ljung. Reglerteknik. Grundläggande teori. Fjärde upplagan. Studentlitteratur, Lund, 2006.
- T. Glad och L. Ljung. Reglerteori. Flervariabla och olinjära metoder. Andra upplagan. Studentlitteratur, Lund, 2003
- S. Gunnarsson, K.F. Berggren, T. Svensson och I. Wiklund. Redesign of the Applied Physics and Electrical Engineering (Y) program according to (CDIO) 33rd SEFI Annual Conference on Engineering Education, Ankara, Turkey, 2005.
- S. Gunnarsson och I. Klein. Computer supported learning and assessment in engineering education. 4th International CDIO Conference, Gent, Belgium, 2008.
- S. Gunnarsson and M. Millnert. Computer supported control education from a Linköping perspective. 4th IFAC Symposium on Advances in Control Education, sid 45-48, Istanbul, Turkey, 1997.
- A. Hagenblad och I. Klein. Teaching control theory using problem based learning. 12th EAEEIE Annual Conference on Innovations in Education for Electrical and Information Engineering, Nancy, France, 2001.
- R. Karlsson, D. Törnqvist, A. Hansson och S. Gunnarsson. Automatic control project course: A positioning and control application for an unmanned aerial vehicle. World Transactions on Engineering and Technology Education, 5(2), 2006.
- T. McKelvey. Laboteket. Ett laborationskoncept i riktning mot ett ökat studentansvar för lärandet. NyIng report No. 7. LiTH-ISY-R-2096. 1999.
- L. Ljung och T. Glad. Modellbygge och Simulering. Andra upplagan. Studentlitteratur, Lund, 2004.
- U. von Kiencke and L. Nielsen. Automotive Control Systems. 2nd edition Springer Verlag, 2005.