



KTH Elektro-
och systemteknik

Avdelningen för elektriska energisystem
EG2050 SYSTEMPLANERING
19 december 2012

Kursprogram vårterminen 2013

Senaste nytt om kursen meddelas på KTH Social (www.kth.se/social/course/EG2050). Det går också bra att kontakta de inblandade lärarna:

Mikael Amelin (examinator, föreläsare)
Teknikringen 33, rum 3436
Tfn: 08 - 790 7755
E-post: mikael.amelin@ee.kth.se

Karin Alvehag (föreläsare)
Teknikringen 33, rum 3415
Tfn: 08 - 790 9031
E-post: karin.alvehag@ee.kth.se

Yaser Tohidi (kursassistent)
Teknikringen 33
Tfn:
E-post: tohi@kth.se

Lars Abrahamsson (föreläsare)
Teknikringen 33, rum 3425
Tfn: 08 - 790 7058
E-post: lars.abrahamsson@ee.kth.se

Lennart Söder (föreläsare)
Teknikringen 33, rum 3438
Tfn: 08 - 790 8906
E-post: lennart.soder@ee.kth.se

Yelena Verdanyan (föreläsare)
Teknikringen 33, rum 3433
Tfn: 08 - 790 7770
E-post: yelena.verdanyan@ee.kth.se

Målsättning

Syftet med kursen är att deltagarna ska lära sig metoder och modeller för att planera, driva och analysera elektriska energisystem. Innehållet i kursen omfattar bakgrundsinformation om hur elmarknader kan utformas, beräkningstekniker (t.ex. tillämpad optimeringslära och tillförlitlighetsanalys) samt exempel från verkligheten.

För att bli godkänd på kursen ska deltagarna visa att de kan

- beskriva principerna för hur en elmarknad kan vara organiserad,
- utföra överslagsberäkningar på elpriser,
- förklara hur balansen mellan produktion och konsumtion upprätthålls i ett elsystem, samt beräkna hur frekvensen påverkas av olika händelser i elsystemet,
- formulera korttidsplaneringsproblem för vatten- och värmekraftsystem,
- tillämpa stokastisk produktionskostnadssimulering respektive Monte Carlo-simulering för att beräkna förväntad driftkostnad och risk för effektbrist på en elmarknad.

För att få högre betyg (A, B, C, D) ska deltagarna dessutom visa att de kan

- identifiera faktorer som har stor betydelse för prisbildningen på en elmarknad, samt ange hur dessa faktorer påverkar t.ex. producenter respektive konsumenter,
- avgöra om frekvensregleringen i ett elsystem har tillräckligt stora marginaler, samt att vid behov kunna välja mellan olika åtgärder för att öka marginalerna,
- skapa egna, specialiserade modeller till korttidsplaneringsproblem,
- skapa egna, specialiserade modeller till stokastisk produktionskostnadssimulering respektive Monte Carlo-simulering, samt att använda resultaten från en elmarknadssimulering för att bedöma konsekvenserna av olika åtgärder på en elmarknad.

Kursregistrering

I kursen ingår obligatoriska hemuppgifter, samt hemuppgifter som ger bonuspoäng på tentamen. För att vi ska kunna hålla reda på studenternas resultat behöver registrera alla aktiva studenter. Gå till kursens webbsida på KTH Social, välj "Course registration" i menyn till höger och följ instruktionerna där.

Läraktiviteter

Som student krävs det förstås ett visst arbete för att uppnå kursmålen. Du kan i stor utsträckning själv bestämma hur du vill lägga upp dina studier, men det är förstås viktigt att du planerar ditt arbete så att du kan klara av laborationskursen och tentamen på de tider som finns tillgängliga (se *Examination* nedan).

Följande läraktiviteter erbjuds i kursen:

- **Föreläsningar.** I kursen ingår 19 föreläsningar (se schemat). På föreläsningarna varvas den viktigaste teorin med praktiska exempel. Till de flesta föreläsningarna hör färdiga föreläsningssanteckningar. Innan föreläsningarna bör du förbereda dig genom att läsa igenom föreläsningssanteckningarna (som finns tillgängliga på kursens webbsidor).
- **Föreläsningssuppgifter.** Föreläsningssuppgifterna är små uppgifter som löses under föreläsningarna. Tanken med dessa uppgifter är att de ska ge dig ett tillfälle att förstå de grundläggande definitionerna och beräkningsmetoderna som krävs för att bli godkänd i kursen. Det viktiga är således inte att svara rätt på dessa frågor, utan att du lär dig något (gärna i samarbete med dina kurskamrater).
- **Självstudier.** Den viktigaste litteraturen i denna kurs är kompendiet "*Effektiv drift och planering av elsystem*", som säljes på studerandeexpeditionen STEX (Osquldas väg 10 i entrén, öppet måndag-fredag 11:00-14:00) till det fasta priset 200 kronor. Kompendiet täcker samma material som föreläsningarna. Dessutom finns det lösta exempel och övningsuppgifter, så att kompendiet kan användas för självstudier. Läsanvisningar till kompendiet återfinns i tabellen nedan.

Förutom övningsuppgifterna i kompendiet finns det även gamla tentamina utlagda på kursens webbsidor.

- **Hemuppgifter.** I kursen ingår totalt 25 hemuppgifter uppdelade på fyra delar som täcker prisbildning på elmarknader, frekvensreglering, korttidsplanering samt simulering av elmarknader. Syftet med hemuppgifterna är att du ska träna dig att lösa problem med verklighetsanknytning. I hemuppgifterna får du även möjlighet att pröva att använda olika typer av programvara för att lösa lite större problem.

Det går bra att fråga lärarna om hjälp i samband med föreläsningarna. Det är också tillåtet att diskutera med andra studenter hur man löser hemuppgifterna. Hemuppgif-

Läsanvisningar till kurskompendiet

| Avsnitt | Moment | Vikt | Övningsuppgifter |
|-------------|---|------|------------------|
| 1 | Introduktion | * | |
| 2 | Elmarknadens uppbyggnad | ** | 2.1–2.15 |
| 3 | Prisbildning på elmarknader | *** | 3.1–3.8 |
| 4 | Frekvensreglering | *** | 4.1–4.11 |
| 5 | Korttidsplanering | | |
| 5.1 | Syfte | ** | |
| 5.2 | Vattenkraft | *** | 5.1–5.13 |
| 5.3 | Termiska kraftverk | *** | |
| 5.4 | Dualvariabler | ** | |
| 6 | Simulering av elmarknader | | |
| 6.1 | Problembeskrivning | ** | |
| | Stokastisk produktionskostnadssimulering | | 6.1–6.10 |
| 6.2.1–6.2.3 | Grundläggande modell | *** | |
| 6.2.4 | Flertillståndsmodell av kraftverk | *** | |
| 6.2.4 | Modellering av vindkraft | * | |
| 6.2.5 | Modellering av reglerbar vattenkraft | ** | |
| 6.2.6 | Normalfördelningsapproximationen | – | |
| 6.3 | Monte Carlo-simulering | *** | 6.12–6.18 |
| A-E | Appendix | ** | |
| *** | Central del av kursen. Beräkningsmetoder ska behärskas. Ingår oftast i tentamen som en räkneuppgift. | | |
| ** | Viktig del av kursen. Principerna ska kunna. Ingår i tentamen som teorifråga eller mindre del av en räkneuppgift. | | |
| * | Allmänbildande del av kursen. Läsas översiktligt. | | |
| – | Ingår ej i kursen. | | |

terna ska emellertid redovisas individuellt (se *Examination* nedan). En del av hemuppgifterna ingår i laborationskursen och är obligatoriska. De övriga uppgifterna är frivilliga.

Examination

Examinationen i denna kurs består av två moment: en laborationskurs och en skriftlig tentamen. Studenterna måste först bli godkända på laborationskursen och därefter kan man skriva tentamen. Har man väl blivit godkänd på laborationskursen behöver man inte göra om den ifall man skulle bli underkänd på tentamen.

Laborationskurs

De hemuppgifter som ingår i laborationskursen kan ge totalt 50 labbpoäng. För att bli godkänd på laborationskursen krävs minst 45 labbpoäng. För att få labbpoäng ska studenten förbereda en muntlig presentation av hur man löser uppgiften.

De muntliga presentationerna genomförs vid särskilda seminarier. Tiderna för seminarierna framgår av tabellen nedan. Antalet platser är begränsat på seminarierna och du måste därför anmäla dig i förväg. Gå till kursens webbsida på KTH Social, välj “Course registration” i menyn till höger och följ instruktionerna där.

I början av seminariet får varje student ange vilka uppgifter han eller hon är beredd att redovisa.

Tider för hemuppgiftsseminarier

| Seminarium | Uppgifter | Tid och plats | Språk |
|------------|-----------|--|----------|
| Ordinarie | Del I | Måndag 28 januari, 10:15–11:30, seminarierummet Onsdag 30 januari, 13:15–14:30, seminarierummet Torsdag 31 januari, 10:15–11:30, seminarierummet Fredag 1 februari, 13:15–14:30, seminarierummet | Engelska |
| Ordinarie | Del I | Tisdag 29 januari, 15:15–16:30, seminarierummet Torsdag 31 januari, 13:15–15:30, seminarierummet | Svenska |
| Ordinarie | Del II | Måndag 4 februari, 8:15–9:30, seminarierummet Onsdag 6 februari, 13:15–15:30, seminarierummet Torsdag 7 februari, 10:15–11:30, seminarierummet Fredag 8 februari, 15:15–17:30, konferensrummet | Engelska |
| Ordinarie | Del II | Tisdag 5 februari, 13:15–14:30, seminarierummet Torsdag 7 februari, 13:15–14:30, seminarierummet | Svenska |
| Ordinarie | Del III | Torsdag 7 februari, 10:15–12:00, seminarierummet Torsdag 14 februari, 10:15–12:00, seminarierummet Torsdag 21 februari, 10:15–12:00, seminarierummet Måndag 25 februari, 10:15–12:00, seminarierummet | Engelska |
| Ordinarie | Del III | Måndag 18 februari, 10:15–12:00, seminarierummet Fredag 22 februari, 13:15–15:00, konferensrummet | Svenska |
| Ordinarie | Del IV | Torsdag 28 februari, 10:15–12:00, seminarierummet Måndag 4 mars, 8:15–10:00, seminarierummet Tisdag 5 mars, 13:15–15:00, seminarierummet Onsdag 6 mars, 15:15–17:00, seminarierummet | Engelska |
| Ordinarie | Del IV | Fredag 1 mars, 13:15–15:00, seminarierummet Onsdag 6 mars, 13:15–15:00, seminarierummet | Svenska |
| Repetition | Samtliga | Torsdag 7 mars, 10:15–12:00, seminarierummet Fredag 31 maj, 10:15–12:00, seminarierummet | Engelska |

Seminarierummet finns på Teknikringen 33, 1 tr. (tidigare H21).

Konferensrummet finns på Teknikringen 33, 1 tr. (rum 3424). För att komma in till konferensrummet måste man passera Avdelningen för elektriska energisystem, vilken är låst. Kursassistenten släpper in studenter fram till seminariets början, så kom i tid!

I samband med detta ska studenten lämna in en kopia på presentationsmaterialet (det kan t.ex. vara handskrivna anteckningar om man presenterar på svarta tavlan eller en utskrift av bilderna i en datorpresentation). De ordinarie seminarierna omfattar vissa bestämda uppgifter, så som framgår av schemat ovan. För varje uppgift väljer kursassistenten¹ sedan en student som får hålla sin presentation. Om det finns tid över kan flera studenter få presentera samma uppgift. Vid repetitionstillfällena kan man redovisa sådana uppgifter som man tidigare hoppat över eller som man har blivit underkänd på. För varje student väljer sedan kursassistenten² ut en eller flera uppgifter att presentera.

Om en student blivit godkänd på alla sina presentationer vid ett seminarium (eller om studenten inte blivit utvald att presentera) får man labbpoäng för alla uppgifter som man har förberett. Om en student däremot blir underkänd på minst en muntlig presentation, får man inga labbpoäng alls från detta seminarium, oavsett hur många andra uppgifter man varit beredd att redovisa!

För att en presentation ska bli godkänd måste följande krav vara uppfyllda:

- **Presentationen ska genomföras inom den givna tiden.** Studenten har tre minuter på sig per labbpoäng.
- **Presentationen ska genomföras självständigt.** Detta innebär att studenten

1. Urvalet sker nästan, men inte helt och hållet, slumpmässigt.

2. Även detta urval sker nästan, men inte helt och hållet, slumpmässigt.

ska hålla sin presentation utan att vända sig till kurskamrater eller kursassistenten och be om hjälp.

- **Presentationen ska vara tydlig.** Alla detaljer i beräkningarna behöver inte redovisas, men presentationen ska vara så tydlig så att en kurskamrat som inte har gjort uppgiften ska kunna förstå hur man ska gå tillväga för att lösa problemet.
- **Lösningen ska vara rimlig.** Den lösningsmetod som redovisas ska vara lämpad för problemet. Däremot blir man inte underkänd om det skulle ha smugit sig in något mindre räknefel.
- **Studenten ska kunna svara på frågor efter presentationen.** Efter presentationen ska övriga seminariedeltagare och kursassistenten kunna ställa frågor om lösningen. Vid denna utfrågning ska du kunna redogöra för alla detaljer i lösningen, som t.ex. hur du har valt indata eller varför du använt en viss formel.

Tanken är att laborationskursen ska genomföras under kursens gång. Inför tentamina i mars och juni hålls extra repetitionstillfällen. Om du befinner dig i slutet av dina studier och är angelägen om att kunna ta ut examen senare i år är det viktigt att du planerar dina studier så att du kan klara laborationskursen under denna tid.

Tentamen

För att få skriva tentamen måste studenten vara godkänd på laborationskursen. Studenten måste också göra en föransmälan via KTH Mina sidor, som kan nås från studentwebben (<http://www.kth.se/student/minasidor>). Lokal för tentamen kan komma att ändras beroende på hur många tentander som är anmälda. Kontrollera därför på kursens anslagstavla eller på kursens webbsida var tentamen kommer att skrivas! (KTH:s centrala tentamensschema uppdateras inte i tid.)

De hemuppgifter som inte ingår i laborationskursen kan ge bonuspoäng till tentamen i mars och juni 2013. Dessa hemuppgifter redovisas skriftligt. Det är inte möjligt för den som rättar att skriva ut rapporter som skickats per e-post och det är därför endast möjligt lämna in uppgifterna i brevlådan märkt ”Systemplanering” vid kursens anslagstavla. Hemuppgifter som lämnas på något annat sätt kommer inte att rättas.

För att få bonuspoäng för en hemuppgift måste följande krav vara uppfyllda:

- **Rapporten ska vara inlämnad i tid.** Inlämningstiderna framgår av tabellen nedan. Rapporter som lämnas in för sent kommer inte att rättas.
- **Rapporten ska vara ett självständigt arbete.** Det är inte tillåtet att kopiera hela eller delar av en annan students rapport! Om flera inlämnade rapporter är snarlika i väsentliga avsnitt kommer ingen av rapporterna att få några bonuspoäng.
- **Lösningen ska vara tydlig och korrekt.** Alla beteckningar som införs skall förklaras. Lösningarna skall vara så utförliga att det utan problem går att följa tanke- och beräkningsgången. Poängavdrag kommer att göras för beräkningsfel, otillräckliga motiveringar eller felaktiga slutsatser.

Inlämningstider för bonuspoäng

| Hemuppgifter | Bonuspoäng | Tid |
|--------------|------------|------------------------------|
| Del I | 3 | Måndag 28 januari kl. 12:00 |
| Del III | 5 | Måndag 25 februari kl. 12:00 |
| Del IV | 5 | Torsdag 7 mars kl. 12:00 |

Själva tentamen är uppdelad i två delar. Den första delen på tentamen avgör om betyget blir underkänt eller godkänt. Bonuspoäng från hemuppgifter får inte tillgodoräknas på del I. För att få godkänt krävs minst 33 poäng av 40 möjliga. Tentander som ligger nära gränsen för godkänt (d.v.s.

mellan 31 och 32 poäng) kan skriva en kompletteringsskrivning. Om resultatet på denna skrivning blir godkänt får tentanden betyget E. Tidpunkt för kompletteringsskrivningen bestäms av kursansvarig i samråd med de berörda tentanderna. Tentanden måste dock anmäla sin avsikt att skriva kompletteringsskrivningen senast en månad efter tentamenstillfället.

Den andra delen på tentamen rättas enbart om del I är godkänd. Del II kan ge totalt 60 poäng. Resultatet på del II läggs ihop med resultatet på del I samt eventuella bonuspoäng från hemuppgifterna. Summan avgör vilket betyg (A–E) som erhålls.

Följande hjälpmedel är tillåtna vid tentamen och kompletteringsskrivningar:

- Miniräknare utan information med anknytning till kursen.
- En **handskriven, enkelsidig** A4-sida med **egna** anteckningar (original, ej kopia).
Denna sida skall lämnas in tillsammans med tentamen.

Betygsgränser på tentamen

| Poäng på del I | Total poäng (del I + del II + bonus) | Betyg |
|----------------|---|-------|
| 0–29 | – | F |
| 31–32 | – | Fx |
| 33–40 | 33–59 | E |
| 33–40 | 60–69 | D |
| 33–40 | 70–79 | C |
| 33–40 | 80–89 | B |
| 33–40 | 90–115 | A |

Observera att tentamen endast ges två gånger per år (i mars respektive juni). Om du befinner dig i slutet av dina studier och är angelägen om att kunna ta ut examen senare i år är det viktigt att du planerar dina studier så att du kan klara tentamen vid något av dessa två tillfällen. Enligt KTH:s regler (se <http://intra.kth.se/regelverk/utbildning-forskning/grundutbildning/prestationer>) har studenter dock rätt att begära ett extra tentamenstillfälle om särskilda skäl föreligger.³ Om du beviljas ett extra tentamenstillfälle kommer du överens med kursansvarig om vilket datum du ska skriva tentamen. Om du av någon anledning blir förhindrad att förbereda dig i den utsträckning du önskar (t.ex. på grund av nytt arbete) är det viktigt att du genast kontaktar kursansvarig och bokar en ny tid för tentamen, eftersom om du blir underkänd på en tentamen som du själv har begärt upp så kommer du att få vänta tills nästa schemalagda tentamenstillfälle för att göra ett nytt försök.

Datorkonto

Den som önskar använda vår datorsal för att genomföra hemuppgifterna måste skaffa ett särskilt datorkonto. Dessa konton administreras av Peter Lönn (Teknikringen 33, rum 3337), som normalt är anträffbar efter klockan 13:00.

Kursnämnd

För att utvärdera och förbättra kursen behöver vi några teknologer som vill medverka i kursnämnden. Ett kursnämndsmöte kommer att hållas någon vecka efter ordinarie tentamen. I samband

3. I korthet krävs det att du har försökt på alla schemalagda tentamenstillfällen (eller haft en god anledning att inte närvara), att du har genomfört alla övriga moment (t.ex. laborationer) och att denna tentamen är det enda som fattas för att du ska kunna ta ut din examen.

med kursnämndsmötet bjuder Elektriska energisystem på lunch. De teknologer som är intresserade av att delta kan kontakta kursansvarig per e-post eller i samband med någon föreläsning.

Preliminärt schema

Föreläsningarna kommer att hållas på engelska. Nedan återfinns det preliminära schemat. Beteckningen **3:4** avser det fjärde undervisningstillfället i period tre. Beteckningen K: 4.1 avser avsnitt 4.1 i kurskompendiet. Undervisningstillfällena markerade ”Reserv” kommer inte att utnyttjas såvida inte något annat tillfälle blivit inställt. Information om ändringar i schemat ges på kursens webbsidor.

- 3:1** *Måndag 14 januari, 13–15, V1*
F1: Introduktion. Elmarknadens uppbyggnad. K: 2.
- 3:2** *Tisdag 15 januari, 8–10, V1*
F2: Elmarknadens uppbyggnad. K: 2.
- 3:3** *Onsdag 16 januari, 10–12, V1*
F3: Prisbildning på elmarknader. K: 3.
- 3:4** *Fredag 18 januari, 10–12, V1*
F4: Prisbildning på elmarknader. Hemuppgifter del I, presentationsteknik. K: 3.
- 3:5** *Måndag 21 januari, 13–15, V1*
F5: Frekvensreglering: Synkrona nät, primärreglering. K: 4.1.
- 3:6** *Tisdag 22 januari, 8–10*
Reserv.
- 3:7** *Onsdag 23 januari, 10–12, V1*
F6: Frekvensreglering: Primärreglering, sekundärreglering. Hemuppgifter del II. K: 4.1–4.2.
- 3:8** *Fredag 25 januari, 13–15, V1*
F7: Linjärprogrammering. K: Appendix A.
- 3:9** *Måndag 28 januari, 13–15, V1*
F8: Korttidsplanering: LP-modell av vattenkraftverk. K: 5.2.1–5.2.4.
- 3:10** *Tisdag 29 januari, 8–10*
Reserv.
- 3:11** *Onsdag 30 januari, 10–12, V1*
F9: Korttidsplanering: LP-modell av termiska kraftverk. K: 5.3.1–5.3.3.
- 3:12** *Fredag 1 februari, 10–12, V1*
F10: Korttidsplanering: Exempel på planeringsproblem, dualvariabler. Hemuppgifter del III. K: 5.2.5, 5.3.4, 5.4, appendix B.
- 3:13** *Måndag 4 februari, 13–15*
Reserv.
- 3:14** *Onsdag 6 februari, 10–12*
Reserv.
- 3:15** *Fredag 8 februari, 10–12, V1*
F11: Elmarknadssimulering: Syfte, repetition av stokastiska variabler. K: 6.1, appendix C.

- 3:16** *Måndag 11 februari, 13–15, V1*
F12: Stokastisk produktionskostnadssimulering: Modell av last och kraftverk, ekvivalent last och beräkning av systemindex. K: 6.2.1-6.2.3.
- 3:17** *Onsdag 13 februari, 10–12, V1*
F13: Stokastisk produktionskostnadssimulering: Ekvivalent last och beräkning av systemindex. K: 6.2.1-6.2.3.
- 3:18** *Fredag 15 februari, 10–12, V1*
F14: Stokastisk produktionskostnadssimulering: Modell av vindkraft. (Eventuellt också modell av reglerbar vattenkraft.) Hemuppgifter del IV. K: 6.2.4, 6.2.5.
- 3:19** *Måndag 18 februari, 13–15*
Reserv.
- 3:20** *Onsdag 20 februari, 10–12, V1*
F15: Monte Carlo-simulering: Enkel sampling, slumtalsgenerering, K: 6.3.1, appendix E.
- 3:21** *Fredag 22 februari, 10–12, V1*
F16: Monte Carlo-simulering: Elmarknadsmodell, sampling av elmarknader. K: 6.1.1, 6.3.1.
- 3:22** *Måndag 25 februari, 13–15, V1*
F17: Monte Carlo-simulering: Slumtalskomplement, kontrollvariabler K: 6.3.2, 6.3.3.
- 3:23** *Onsdag 27 februari, 10–12, V1*
F18: Monte Carlo-simulering: Stratifierad sampling. Hemuppgifter del IV. K: 6.3.4, 6.3.5.
- 3:24** *Fredag 1 mars, 10–12*
Reserv.
- 3:25** *Måndag 4 mars, 13–15*
Reserv.
- 3:26** *Onsdag 6 mars, 10–12*
Reserv.
- 3:27** *Fredag 9 mars, 10–12, V1*
F19: Repetition. Tips inför tentamen. (Inga föreläsninganteckningar kommer att tillhandahållas för denna föreläsning.)
Torsdag 14 mars, 8–13
Ordinarie tentamen. Sista anmälningsdag *torsdag 28 februari*. Lokaler för tentamen meddelas på kursens webbsida några dagar efter anmälningstidens utgång.