



KTH Elektro-  
och systemteknik

Avdelningen för elektriska energisystem  
**EG2050 SYSTEMPLANERING**  
17 januari 2014

# Kursprogram vårterminen 2014

Senaste nytt om kursen meddelas på KTH Social ([www.kth.se/social/course/EG2050](http://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](mailto:mikael.amelin@ee.kth.se)

Lennart Söder (föreläsare)  
Teknikringen 33, rum 3438  
Tfn: 08 - 790 8906  
E-post: [lsod@kth.se](mailto:lsod@kth.se)

Pia Grahn (assistent)  
Teknikringen 33, rum 3418  
Tfn: 08 - 790 7759  
E-post: [piagrahn@kth.se](mailto:piagrahn@kth.se)

Ebrahim Shayasteh (assistent)  
Teknikringen 33, rum 3415  
Tfn: 08 - 790 6167  
E-post: [ebrahim.shayesteh@ee.kth.se](mailto:ebrahim.shayesteh@ee.kth.se)

Kristina Östman (assistent)  
Teknikringen 33, rum 3428  
Tfn: 08 - 790 6139  
E-post: [kostm@kth.se](mailto:kostm@kth.se)

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

Ilias Dimoulkas (assistent)  
Teknikringen 33, rum 3429  
Tfn: 08 - 790 6649  
E-post: [iliasd@kth.se](mailto:iliasd@kth.se)

Yalin Huang (assistent)  
Teknikringen 33, rum 3437  
Tfn: 08 - 790 7776  
E-post: [yalin@kth.se](mailto:yalin@kth.se)

Yaser Tohidi (assistent)  
Teknikringen 33, rum 3429  
Tfn: 08 - 790 6649  
E-post: [tohi@kth.se](mailto:tohi@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 värmekraftssystem,
- 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 vi registrera alla aktiva studenter. Det är också nödvändigt att registrera sig på kursen för att få tillgång till datorerna i studentrummet på Teknikringen 33. Gå till kursens webbsida, välj "Course registration" i menyn till vänster 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 föreläsningsanteckningar. Innan föreläsningarna bör du förbereda dig genom att läsa igenom föreläsningsanteckningarna (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 STEK (Osqudas väg 10 i entrén, öppet måndag-fredag 11:00-14:00) till det facila 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.

### 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	**	5.1–5.13
5.2	Vattenkraft	***	
5.3	Termiska kraftverk	***	
5.4	Dualvariabler	**	
6	Simulering av elmarknader		
6.1	Problembeskrivning	**	6.1–6.10
6.2.1–6.2.3	Stokastisk produktionskostnadssimulering	***	
6.2.4	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	–	6.12–6.18
6.3	Monte Carlo-simulering	***	
A-E	Appendix	**	
<p>*** Central del av kursen. Beräkningsmetoder ska behärskas. Ingår oftast i tentamen som en räkneuppgift.</p> <p>** Viktig del av kursen. Principerna ska kunna. Ingår i tentamen som teorifråga eller mindre del av en räkneuppgift.</p> <p>* Allmänbildande del av kursen. Låses översiktligt.</p> <p>– Ingår ej i kursen.</p>			

- **Hemuppgifter.** I kursen ingår totalt 26 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. Hemuppgifterna 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. Labbpoängen är giltiga fram till omtentamen i juni. Om man inte slutfört laborationskursen tills dess får man göra om den från början nästa läsår.

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.

**Tider för hemuppgiftsseminarier**

Seminarium	Uppgifter	Tid och plats	Språk
Ordinarie	Del I	Torsdag 30 januari, 8:15–9:30, seminarierummet Fredag 31 januari, 8:15–9:30, seminarierummet Måndag 3 februari, 13:15–14:30, seminarierummet	Engelska
Ordinarie	Del I	Torsdag 30 januari, 10:15–11:30, seminarierummet Fredag 31 januari, 10:15–11:30, seminarierummet Måndag 3 februari, 15:15–16:30, seminarierummet	Svenska
Ordinarie	Del II	Tisdag 4 februari, 15:15–16:30, seminarierummet Onsdag 5 februari, 10:15–11:30, seminarierummet Måndag 10 februari, 15:15–16:30, seminarierummet	Engelska
Ordinarie	Del II	Onsdag 5 februari, 8:15–9:30, seminarierummet Måndag 10 februari, 13:15–14:30, seminarierummet Tisdag 11 februari, 15:15–16:30, seminarierummet	Svenska
Ordinarie	Del III	Måndag 17 februari, 13:15–15:00, seminarierummet Tisdag 18 februari, 15:15–17:00, seminarierummet Tisdag 25 februari, 13:15–15:00, seminarierummet	Engelska
Ordinarie	Del III	Måndag 17 februari, 15:15–17:00, seminarierummet Tisdag 18 februari, 13:15–15:00, seminarierummet Tisdag 25 februari, 15:15–17:00, seminarierummet	Svenska
Ordinarie	Del IV	Måndag 3 mars, 13:15–15:00, konferensrummet Tisdag 4 mars, 13:15–15:00, konferensrummet Onsdag 5 mars, 8:15–10:00, konferensrummet	Engelska
Ordinarie	Del IV	Måndag 3 mars, 15:15–17:00, konferensrummet Tisdag 4 mars, 15:15–17:00, konferensrummet Onsdag 5 mars, 10:15–12:00, konferensrummet	Svenska
Repetition	Samtliga	Torsdag 11 mars, 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 början av seminariet får varje student ange vilka uppgifter han eller hon är beredd att redovisa. 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 kursassistenten<sup>1</sup> sedan en student som får hålla sin presentation. Om det finns tid över kan flera studenter få presentera samma uppgift. Vid repeti-

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

tionstillfällena kan man redovisa sådana uppgifter som man tidigare hoppat över eller som man har blivit underkänd på. För varje student väljer sedan kursassistenten<sup>2</sup> 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!

Notera att den presenterade lösningen inte behöver vara helt korrekt. För att en presentation ska bli godkänd måste studenten visa att hen kan diskutera lösningen med andra studenter och övningsassistenten. Detta innebär att studenten måste kunna förklara varför hen har valt att lösa uppgiften på ett visst sätt, samt kunna redogöra för alla detaljer i lösningen, som t.ex. hur indata har valts eller varför en viss formel har använts. Studenten måste också kunna jämföra sin lösning med alternativa metoder som föreslås av övriga seminariedeltagare och kunna diskutera vilken metod som bör användas.

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 föranmälan 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 2014. 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*” som finns i trapphuset på Teknikringen 33, 1 tr. Hemuppgifter som lämnas på något annat sätt kommer inte att rättas.

För att få bonuspoäng för en hemuppgift måste rapporten lämnas in i tid (se tabellen nedan). Rapporter som lämnas in för sent kommer inte att rättas. Rapporterna ska vara individuella, vilket betyder att det går bra att fråga en kamrat om råd om hur ett problem ska lösas, medan det betraktas som plagiering att använda – direkt eller i något modifierad version – text, programkod, tabeller eller figurer som du inte har skrivit själv. Studenter som är inblandade i plagiering (detta inkluderar den student som ursprungligen skrev lösningen) kommer inte att få några bonuspoäng. Allvarliga fall kommer också att rapporteras till rektor och kan komma att undersökas av disciplinnämnden.

Rapporterna ska tydligt presentera både lösningsmetoden och svaret på frågan. Alla beteckningar som införs ska förklaras. Lösningarna skall vara så utförliga att det utan problem går att följa tanke- och beräkningsgången.

Under kursens gång ges tre kontrollskrivningar. Tillsammans motsvarar dessa kontrollskrivningar del I på tentamen (se nedan). En student som erhåller minst 33 poäng på kontrollskrivningarna kan hoppa över del I på tentamen. Den som vill kan naturligtvis ändå skriva del I för att försöka förbättra sitt resultat och får i så fall använda det bästa resultatet från kontrollskrivningarna respektive del I på den aktuella tentamen. Kontrollskrivningarna är på en timme vardera och samma regler tillämpas som på tentamen. Detta innebär att studenterna måste komma inom 45

---

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

### Inlämningstider för bonuspoäng

Hemuppgifter	Bonuspoäng	Tid
Del I	3	Tisdag 4 februari kl. 12:00
Del III	5	Onsdag 26 februari kl. 12:00
Del IV	5	Torsdag 6 mars kl. 12:00

minuter efter kontrollskrivningens början och ingen får lämna skrivsalen förrän efter en timme (d.v.s. alla studenter måste stanna kvar under hela skrivtiden).

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.<sup>3</sup> 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.

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.

## 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 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. Undervisningstillfällen 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 20 januari, 15–17, V1*  
Introduktion.
- 3:2** *Tisdag 21 januari, 13–15, H1*  
F1: Elmarknadens uppbyggnad. K: 2.
- 3:3** *Onsdag 22 januari, 8–10, H1*  
F2: Elmarknadens uppbyggnad. K: 2.
- 3:4** *Torsdag 23 januari, 10–12, V1*  
F3: Prisbildning på elmarknader. K: 3.
- 3:5** *Fredag 24 januari, 8–10, H1*  
F4: Prisbildning på elmarknader. Hemuppgifter del I, presentationsteknik. K: 3.
- 3:6** *Måndag 27 januari, 15–17, V1*  
F5: Frekvensreglering: Synkrona nät, primärreglering. K: 4.1.
- 3:7** *Tisdag 28 januari, 15–17, H1*  
F6: Frekvensreglering: Primärreglering, sekundärreglering. Hemuppgifter del II. K: 4.1–4.2.
- 3:8** *Onsdag 29 januari, 8–10*  
Reserv.  
*Torsdag 6 februari, 9–10, Q31, Q32, Q34*  
Kontrollskrivning 1 (Elmarknadens uppbyggnad, prisbildning på elmarknader och frekvensreglering).
- 3:9** *Torsdag 6 februari, 10–12, H1*  
F7: Linjärprogrammering. K: Appendix A.
- 3:10** *Fredag 7 februari, 8–10, H1*  
F8: Korttidsplanering: LP-modell av vattenkraftverk. K: 5.2.1–5.2.4.
- 3:11** *Onsdag 12 februari, 8–10, H1*  
F9: Korttidsplanering: LP-modell av termiska kraftverk. K: 5.3.1–5.3.3.
- 3:12** *Torsdag 13 februari, 10–12, H1*  
F10: Korttidsplanering: Exempel på planeringsproblem, dualvariabler. Hemuppgifter del III. K: 5.2.5, 5.3.4, 5.4, appendix B.
- 3:13** *Torsdag 13 februari, 15–17*  
Reserv.

- 3:14** *Fredag 14 februari, 8–10*  
Reserv.
- 3:15** *Onsdag 19 februari, 10–12, H1*  
F11: Elmarknadssimulering: Syfte, repetition av stokastiska variabler. K: 6.1, appendix C.
- 3:16** *Torsdag 20 februari, 10–12, H1*  
F12: Stokastisk produktionskostnadssimulering: Modell av last och kraftverk, ekvivalent last och beräkning av systemindex. K: 6.2.1-6.2.3.
- 3:17** *Torsdag 20 februari, 15–17, H1*  
F13: Stokastisk produktionskostnadssimulering: Ekvivalent last och beräkning av systemindex. K: 6.2.1-6.2.3.
- 3:18** *Fredag 21 februari, 8–10, 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 24 februari, 15–17, H1*  
F15: Monte Carlo-simulering: Enkel sampling, slumpalsgenerering, K: 6.3.1, appendix E.
- 3:20** *Onsdag 26 februari, 8–10, H1*  
F16: Monte Carlo-simulering: Elmarknadsmodell, sampling av elmarknader. K: 6.1.1, 6.3.1.  
*Onsdag 26 februari, 13–14, Q33, Q34, Q36*  
Kontrollskrivning 2 (Korttidsplanering).
- 3:21** *Torsdag 27 februari, 10–12, H1*  
F17: Monte Carlo-simulering: Slumptalskomplement, kontrollvariabler K: 6.3.2, 6.3.3.
- 3:22** *Torsdag 27 februari, 13–15, H1*  
F18: Monte Carlo-simulering: Stratifierad sampling. Hemuppgifter del IV. K: 6.3.4, 6.3.5.
- 3:23** *Fredag 28 februari, 8–10*  
Reserv.  
*Torsdag 6 mars, 9–10, Q33, Q34, Q36*  
Kontrollskrivning 3 (Simulering av elmarknader).
- 3:24** *Fredag 7 mars, 10–12, H1*  
F19: Repetition. Tips inför tentamen. (Inga föreläsningssanteckningar kommer att tillhandahållas för denna föreläsning.)  
*Måndag 17 mars, 14–19, Q33, Q34, Q36*  
Ordinarie tentamen. Sista anmälningsdag *måndag 3 mars*.