

# Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings Universitet

<b>Datum för tentamen</b>	Övning 2023-12
<b>Sal</b>	TER3 (Antal: 45)
<b>Tid</b>	14-18
<b>Kurskod</b>	TSFS17
<b>Provkod</b>	TEN1
<b>Kursnamn</b>	Elkraftsystem
<b>Institution</b>	ISY
<b>Antal uppgifter som ingår i tentamen</b>	7
<b>Antal sidor på tentamen (inkl. försättsbladet)</b>	5
<b>Jour/kursansvarig</b>	Lars Eriksson
<b>Telefon under skrivtid</b>	013-284409
<b>Besöker salen ca.</b>	15 och 17
<b>Tillåtna hjälpmedel</b>	Kursens formelsamling, Miniräknare
<b>Övrigt</b>	Betygsgränser: 20 poäng = 3 30 poäng = 4 40 poäng = 5

### Uppgift 1.

En fabrik med en nästan fullastad transformator levererar 600 kVA med en effektfaktor på 0.75. Företaget har en förväntad expansion och ökning av effektbehovet på 20% med likadan effektfaktor.

- Hur många kVAR kapacitans bör läggas till för att hantera denna tillväxt så att de inte behöver köpa en större transformator? (4 poäng)
- Om nuvarande fabrik faskompenseras perfekt skulle det vara tillräckligt för att klara den framtida expansionen eller behöver man planera in tillväxten i investeringen av kapacitansen? (3 poäng)

### Uppgift 2.

I figuren nedan visas tre zoner i en enfasig krets. Zonerna är anslutna med transformatorerna T1 och T2, vars märkvärden också visas. Med basvärden på 30 kVA och 240 volt i zon 1, rita per-enhetens krets och bestäm per-enhetens impedanser och per-enhetens källspänning. Beräkna sedan belastningsströmmen både i per-enhet och i ampere. Transformatorns lindningsresistanser och shuntadmittansrenar försummas. (6 poäng)

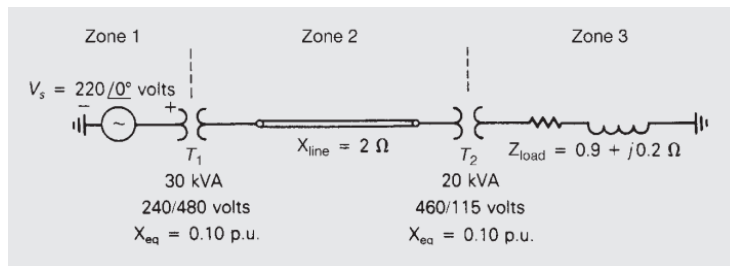
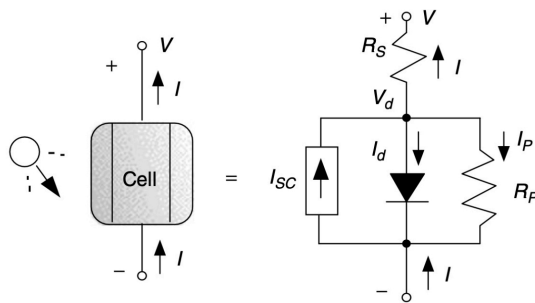


Figure 1: Figur till Uppgift 2.

### Uppgift 3.

En solcellsmodul utgörs av  $N = 36$  identiska seriekopplade celler med ekvivalent krets enligt figuren nedan, den har parallellresistansen  $R_p = 6.6 \Omega$  samt serieresistansen  $R_s = 0.005 \Omega$ . I ett specifikt driftfall, vid  $25^\circ\text{C}$ , är kortslutningsströmmen  $I_{sc} = 3.4 \text{ A}$ , backströmen  $I_0 = 6 \times 10^{-10} \text{ A}$ , samt diodspänningen  $V_d = 0.5 \text{ V}$ . Beräkna modulens spänning, ström, samt levererad effekt. (6 poäng)



#### Uppgift 4.

En 350 km lång, 500 kV, 50 Hz, trefas okompenserad ledning har en seriereaktans  $x = 0.34 \Omega/km$  och en shunt admittans  $y = j4.5 \cdot 10^{-6} S/km$ . Vad är ledningens SIL? (4 poäng)

#### Uppgift 5.

En synkrogenerator är initialt i drift i det stabila tillståndet med  $\delta_0 = 23.95^\circ$  och  $p_{mpu} = 1$  när en tillfällig kortslutning till jord sker. Tre cykler senare släcks felet av sig självt. På grund av ett reläfel förblir alla kretsbrytare stängda. Avgör om stabiliteten bibehålls eller inte och bestäm den maximala effektvinkeln. Tröghetskonstanten för generatornheten  $H=3.0$  per enhet-sekunder på systembasen. Antag att  $p_{mpu}$  förblir konstant under störningen. Antag också att  $\omega_{pu}(t) = 1.0$  i svängningsekvationen.  $p_{epu} = p_{max} \sin(\delta) = 2.4628 \sin(\delta)$  per enhet.

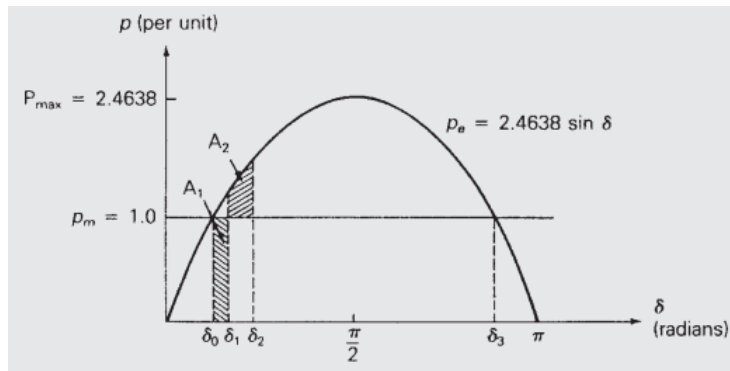


Figure 2: Figur till Uppgift 5

- Börja med att sätta upp svängningsekvationen och integrera den för att få fram ett uttryck för  $\delta(t)$ . Bestäm  $\delta_1$ , det vill säga vad blir effektvinkeln efter 3 cykler? (4 poäng)
- Bestäm accelerationsarean  $AA=A_1$ . Se figur. (3 poäng)
- Bestäm  $\delta_2$  med hjälp av "equal-area" kriteriet. Testa med  $\delta_2 = 40.23, 42.87, 41.86$  grader. (4 poäng)
- Förklara varför stabiliteten bibehålls eller inte. (1 poäng)

### Uppgift 6.

Betrakta enlinjeschemat i Figur 3 nedan. Impedanserna är angivna i per enhet. (Spänningarna och effekterna givna i figuren används inte för att lösa uppgiften).

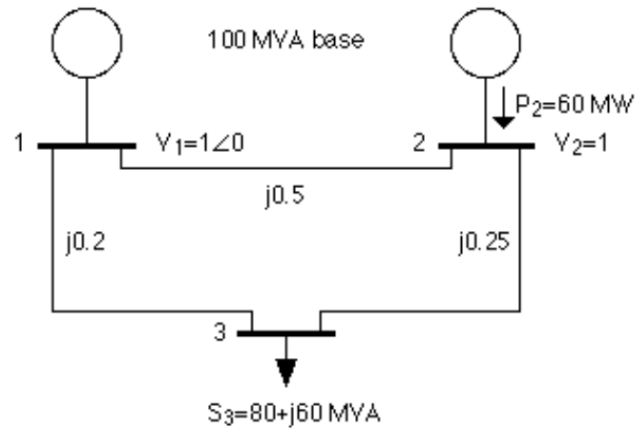


Figure 3: Figur till Uppgift 6.

- Sätt upp admittansmatrisen i per enhet för systemet. (5 poäng)
- Klassificera bussarna som *slack buss*, *PV-buss* (generator) eller *PQ-buss* (last/konsument). (2 poäng)
- Avgör för varje buss om spänningen storlek och fasvinkel är kända eller inte. (1 poäng)
- Avgör för varje buss om totalt tillförd aktiv och reaktiv effekt är känd eller inte. (1 poäng)

### Uppgift 7.

En fulladdad cell med kapacitet  $Q = 24 \text{ Ah}$  laddas ur med  $1 \text{ C}$  konstant ström tills den är tom och den laddas sedan upp igen med  $1 \text{ C}$  konstant ström tills den är full. Antag att cellen kan modelleras som en Thevenin-ekvivalent krets: en spänningskälla i serie med en resistans  $R_{DC} = 3.9 \text{ m}\Omega$ . Antag vidare att cellens EMK är konstant  $E_0 = 3.65 \text{ V}$  genom hela ur- och uppladdningscykeln.

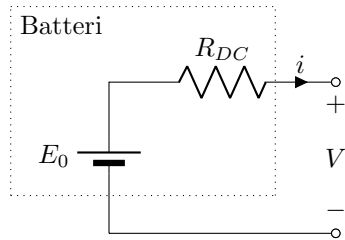


Figure 4: Ekvivalent kretsschema för Thevenin-ekvivalent batteri

- Hur lång tid tar testet och hur stor ström cyklas cellen med? (1 poäng)
- Beräkna verkningsgraden  $\eta = \frac{W_{urladdning}}{W_{uppladdning}}$ ? (4 poäng)
- Vad blir verkningsgraden om man istället cyklar cellen med  $2 \text{ C}$  konstant ström. (1 poäng)