

Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings Universitet

Datum för tentamen	2024-03-15
Sal	TER2 (3 platser)
Tid	8-12
Kurskod	TSFS17
Provkod	TEN1
Kursnamn	Elkraftsystem
Institution	ISY
Antal uppgifter som ingår i tentamen	6
Antal sidor på tentamen (inkl. försättsbladet)	4
Jour/kursansvarig	Lars Eriksson
Telefon under skrivtid	013-284409
Besöker salen ca.	8.40 och 11
Tillåtna hjälpmedel	Kursens bifogade formelblad. Miniräknare
Övrigt	Betygsgränser: 20 poäng = 3 30 poäng = 4 40 poäng = 5

Uppgift 1.

En maskin skall kopplas in till trefasnätet med ($f=$) 50Hz, ($U_H=$) 400 V. Maskinen är induktiv och förbrukar 40 kW och har en effektfaktor på 0.65 ind. Detta är för låg effektfaktor och man behöver faskompensera maskinen med ett kondensatorbatteri. Kondensatorbatteriet skall bestå av 3 Y-kopplade kondensatorer.

- Hur stor ström drar den elektriska maskinen om den körs okompenserad? (2 poäng)
- Om maskinen skall kompenseras så den får en effektfaktor på 0.8, hur stor blir strömmen och hur stora behöver kondensatorerna vara? (4 poäng)
- Om maskinen skall kompenseras fullständigt hur stor blir strömmen då och hur stora behöver kondensatorerna vara? (4 poäng)

Uppgift 2.

En kabel avsedd för 230 kV luftledningar har följande data vid förlustfri överföring: $X'_L = \omega L' = 0.407$ [Ω/km], och $Y'_C = \omega C' = 2.76$ [$\mu\text{S}/\text{km}$].

- Är karaktäristiska impedansen beroende av ledningens längd? (1 poäng)
- Hur stor är ledningens SIL? (3 poäng)
- Om man har $R' = 0.050$ [Ω/km] hur lång behöver ledningen vara för att ledningens resistans skall bli lika stor som den karaktäristiska impedansen? (1 poäng)

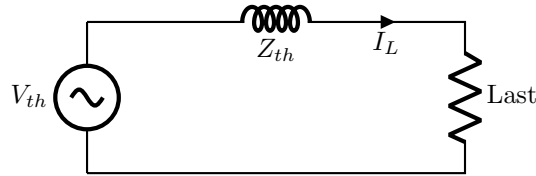
Uppgift 3.

En synkrongenerator är initialt i drift i det stabila tillståndet med $\delta_0 = 23.62^\circ$ och $p_{mpu} = 1$ när en tillfällig kortslutning till jord sker. Under kortslutningen är $p_{epu} = 0$, men vid normal drift har vi $p_{epu}(\delta) = p_{max} \sin(\delta) = 2.40 \sin(\delta)$ per enhet. Fem cykler senare släcks felet av sig självt. Tröghetskonstanten för generatorn är $H = 3.1$ per enhet-sekunder på systembasen. Antag att p_{mpu} förblir konstant under störningen. Antag också att $\omega_{pu}(t) = 1.0$ i svängningsekvationen.

- Börja med att sätta upp svängningsekvationen och integrera den för att få fram ett uttryck för $\delta(t)$. Bestäm δ_1 , det vill säga vad blir effektvinkeln efter 5 cykler? (4 poäng)
- Bestäm accelerationsarean $AA=A_1$. (2 poäng)
- Bestäm δ_2 med hjälp av "equal-area" kriteriet. Ekvationen går inte att lösa analytiskt utan ni måste testa er fram till ett värde så att δ_2 är bestämd till inom en grad. (6 poäng)
- Systemets stabilitet behålls, motivera varför. (1 poäng)

Uppgift 4.

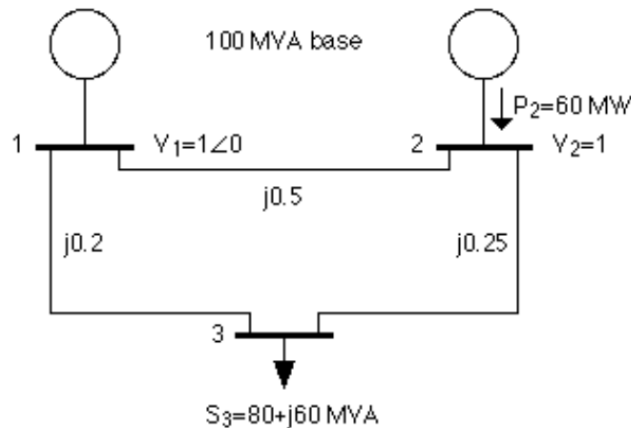
En fabrik matas från en 10 kV buss genom en luftledning och en trefas-transformator. Den elektriska belastningen i fabriken består av en datorserver hall och några produktionsmaskiner som drivs av induktionsmotorer. Vid 400 V drar denna belastning en ström på 150 A med en effektfaktor på 1, dvs fabriken är faskompenserad. Strömmen in i fabriken är konstant och oberoende av spänningen. Nedan visas det Thevenin-ekvivalenta systemet uttryckt i per enhet för en fas. Ta fram spänningen över lasten i både per enhet och i V. Använd följande värden: $V_{th} = 1$ pu, $Z_{th} = j0.15$ pu. Börja med att först ange stömmen genom lasten i per enhet om $Z_{base,2} = 0.6 \Omega$. (6 poäng)



Figur 1: Thevenin-ekvivalent till uppgift 4.

Uppgift 5.

Betrakta enlinjeschemat i Figur 2 nedan. Impedanserna är angivna i per enhet. (Spänningarna och effekterna givna i figuren används inte för att lösa uppgiften).



Figur 2: 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 6.

I stora vindkraftverk kan man få ut mycket effekt genom att den svepta arean kan göras större och eftersom vindhastigheten ökar med avståndet till marken. I den här uppgiften tittar vi bara på höjdens inverkan på vinden. En anemometer visar en vindhastighet på 7 m/s. Den är monterad 10 m över en yta med grödor, häckar och buskar där $\alpha = 0.2$. Vindhastigheten på olika höjder kan bestämmas med $\left(\frac{v}{v_0}\right) = \left(\frac{H}{H_0}\right)^\alpha$. Givet en vindhastighet kan den tillgängliga specifika effekten beräknas med hjälp av $P = \frac{1}{2}\rho v^3$ [W/m²]. Luftens förhållande är 15°C och 1 atm tryck, vilket ger en densitet på 1.225 [kg/m³].

- a. Vad är vindhastigheterna vid 50 m och 100 m? (4 poäng)
- b. Hur stora är de specifika effekterna vid 10, 50 och 100 m över marken? (3 poäng)