

Inlämningsuppgift 1 Elteknik 2014

Allmänna instruktioner

Denna inlämningsuppgift skall lösas individuellt eller i grupper om två (ej fler). Uppgiften skall lämnas in **SENAST TISDAGEN DEN 18 NOVEMBER, KLOCKAN 17.00**. Uppgifter markerade med stjärna (*) är extrauppgifter och skall behandlas för att uppnå ett betyg på inlämningsuppgiften som är högre än tre. Lösningen skall vara väl motiverad, enkel att följa (otydlig lösningsgång ger en lägre poängsättning) och bör *helst* inte vara handskriven. Numeriska beräkningar, gjorda i t.ex. Matlab, skall bifogas i Appendix och vara enkla att följa. Märk era inlämningar med namn och födelsedatum.

DET ÄR TILLÅTET ATT LÖSA UPPGIFTEN I GRUPPER OM 2, DOCK EJ FLER! OM TVÅ PERSONER LÖSER UPPGIFTEN TILLSAMMANS SKALL ÄNDÅ TVÅ VERSIONER (DE KAN VARA IDENTISKA) LÄMNAS IN, MEN SKRIV DÅ VEM NI HAR SAMARBETAT MED OCH LÄMNA IN SAMTIDIGT.

FÖR FRÅGOR OCH DISKUSSIONER HAR NI MÖJLIGHET ATT TRÄFFA HANDEDARNA UNDER HANDEDNINGSTIDERN. NI ÄR VÄLKOMNA ÄVEN ANDRA TIDER MEN DET ÄR INTE SÄKERT ATT VI FINNS PÅ PLATS.

FÖR ATT VARA SÄKER PÅ ATT INGA SLARVFEL HAR INFUNNIT SIG I UPPGIFTEN, KONTROLLERA KURSHEMSIDAN DÅ KORRIGERINGAR FÖR EVENTUELLA FEL KOMMER ATT LÄGGAS UPP DÄR.

LÄS GÄRNA "INSTRUKTIONER OM INLÄMNINGSUPPGIFTERNA OCH FÖRHÖR" PÅ KURSHEMSIDAN.

OBS: INGA RETURER KOMMER ATT LÄMNAS UT INNAN FÖRHÖRET.

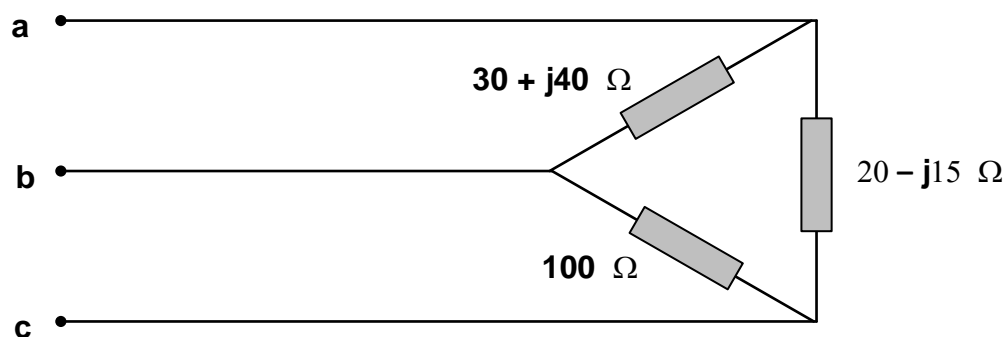
A. Ett eldistributionsnät för en liten stadsdel projekteras. Elförsörjningen skall ske via en nätstation som är ansluten till stadsnätet. I nätstationen transformeras spänningen från 10 kV till 400 V. Följande belastningar kommer att anslutas till områdets nätstation:

1. Flerfamiljehus – den beräknade toppeffekten är 250 kW, $\cos \varphi = 0,98$.
2. Förskola och andra samlingslokaler – effektbehovet max 100 kVA, $\cos \varphi = 0,95$
3. En symmetrisk trefas, Y – kopplad asynkronmotor med märkspänning 400 V, märkström 200 A och $\cos \varphi = 0,8$. Parallellt med motorn är ett kondensatorbatteri inkopplat som är märkt 90 kVAr.

Uppgifter till A:

- a) Bestäm fasströmmarna som respektive last (**1, 2, 3**) belastar nätstationen med samt den totala strömmen som tas ifrån den då. Alla strömmar skall anges i komplex form (både i polär- och rektangulärform). Rita ett visardiagram över alla strömmar (för last **1÷3** samt **den totala**) beräknade med nätets fasspänning (fas a) som referens. Ange den ekvivalenta impedansen som representerar last 1 ÷ 3.
- b) Bestäm den från nätet totalt avgivna skenbara effekten (ange den i komplex form) om **alla tre** belastningar är anslutna till nätstationen. Med hur stor aktiv och reaktiv effekt belastas nätstationen av **alla tre** laster? Har nätets totala belastning induktiv eller kapacitiv karaktär?
- c)* Kommentera resultat för tredje belastning.

- B.** En osymmetrisk trefas, Δ – kopplad belastning, enligt figur nedan, är ansluten till en nätstation. I nätstationen transformeras spänningen från 10 kV till 400 V. Beräkna fasströmmarna till den osymmetriska belastningen samt strömmen genom resp. impedans. Rita ett visardiagram över alla strömmar beräknade med nätets huvudspänning som referens (U_{ab}).



C.* Ett symmetriskt, starkt, trefasnät 400 V matar en mindre industri med följande belastningar:

1. En trefasmotor med följande märkning: 400 V; 50 Hz; 9,5 A; $\cos \varphi = 0,85$.
 2. En resistiv last mellan faserna b och c: $R = 50 \Omega$.
 3. En last mellan fas b och nollan (n): $\underline{Z} = 45 \angle -25^\circ \Omega$.
 4. En kondensator med impedansen 50Ω mellan fas c och nollan (n).
 5. En last mellan fas a och nollan (n): $\underline{Z} = 25 \angle 65^\circ \Omega$
- a) Bestäm strömmen i fas a, b och c.
- b) Bestäm strömmen i nolledaren.

Anta spänningen i fas a som referens.

Alla strömmar skall anges i komplex form (både i polär- och rektangulärform).

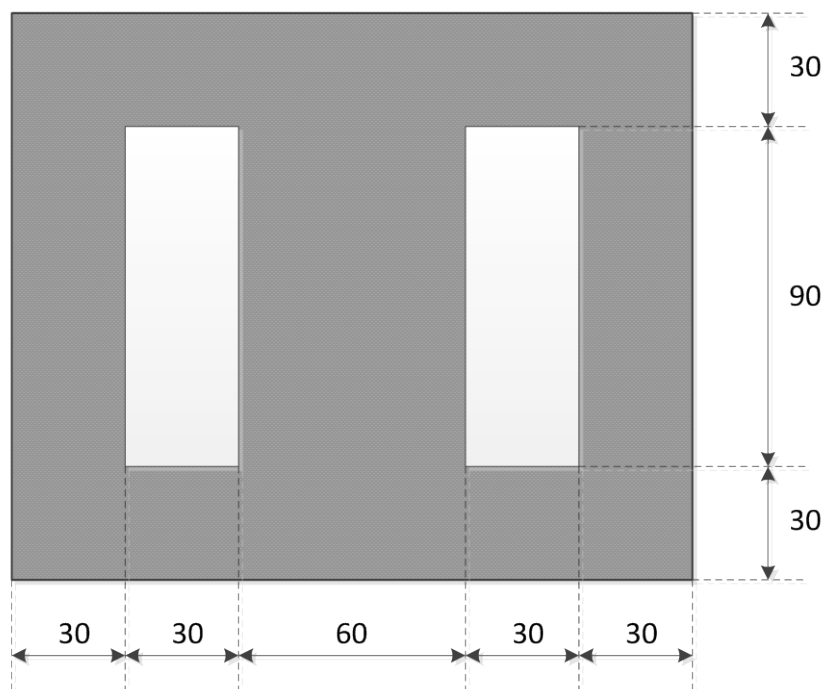
D. Dimensionering av enfastransformator

Det gäller att dimensionera en 50 Hz enfastransformator med märkeffekten S_n , primärspänningen U_{1n} och sekundärspänningen U_{2n} med användning av ett givet plåtsnitt. Plåtsnittets dimensioner är angivna i figur 1.

$$S_n = 1160 \text{ VA}$$

$$U_{1n} = 220 \text{ V}$$

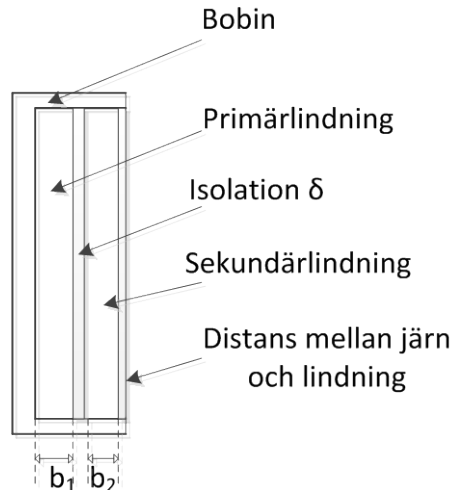
$$U_{2n} = 110 \text{ V}$$



Figur 1. Transformatorplåtens dimensioner (mm).

- a) Beräkna märkströmmarna I_{1n} och I_{2n} samt transformatoromsättning.

b) Lindningarna skall lindas på en plastbobin (se figur 2), vars tjocklek på varje sida är 4 mm. Mellan primär- och sekundärlindningarna insätts 2 mm prespan-isolation. Distansen mellan järn och lindning skall vara minst 2 mm. Beräkna den disponibla lindningsarean A_L i ”fönstret”.



Figur 2. Lindningarnas placering i ”fönstret” (det högra).

c) I ”fönstret” ryms en viss koppararea A_{Cu} . Fyllfaktorn $k_{Cu} = \frac{A_{Cu}}{A_L}$ kan preliminärt antas vara mellan gränserna 0,6 – 0,7. Beräkna mellan vilka gränser A_{Cu} får variera.

d) Strömtätheten för innerlindningen (primärlindningen) brukar vara, på grund av sämre kylning, mellan 1,5 och 1,8 A/mm², för ytterlindningen (sekundärlindningen) mellan 1,9 och 2,1 A/mm². Beräkna ledardiametrarna d_1 och d_2 samt ledartvärnsnitten A_1 och A_2 . Lindningen utförs med lacktråd. Aktuella standarddiametrar för koppar tråd är: 1,25 1,50 1,60 1,80 1,90 2,00 2,50 2,60 mm.

e) Beräkna gränserna för N_1 och N_2 .

f) Bestäm N_1 och N_2 samt lindningstjocklekarna b_1 och b_2 . Kontrollberäkna att lindningen ryms i fönstret. Räkna med att den isolerade trådens diameter är 0,1 mm större än den oisolerade. Beräkna fyllfaktorn k_{Cu} . (Om lindningen inte ryms i fönstret med den högsta tillåtna strömtätheten, måste effekten reduceras.)

g) Flödestäthetens toppvärde B_{max} skall vara inom intervallet 1,1 – 1,2 T. Beräkna plåtpaketets tjocklek. Bobiner finns för följande plåttjocklekar $t = 62, 77$ och 92 mm. Järnets fyllfaktor $k_{Fe} = 0,90$ eller $0,95$. Beräkna B_{max} .

h) När lindningsvarvtalen och järnarean är bestämda skall följande storheter beräknas:

- Lindningarnas resistans ($\rho_{Cu} = 1,724 \cdot 10^{-2} \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)
- Transformatorns läckreaktans (Se bilaga)
- Transformatorns kopparförluster vid märkdrift.
- Transformatorns tomgångsförluster.
Förlustkurva för transformatorplåt, se figur 3. $\rho_{Fe} = 7,3 \text{ kg/dm}^3$.
- Transformatorns tomgångsström I_{02} , se plåtens magnetiseringskurva i figur 4.

i) Det finns möjlighet att jämföra de beräknade värdena med mätresultat vilka man fått genom att utföra kortslutnings- och tomgångsprov på transformatorn:

$I_k = 5,30 \text{ A}$	$U_k = 5,5 \text{ V}$	$P_k = 25 \text{ W}$
$U_0 = 110 \text{ V}$	$I_0 = 0,43 \text{ A}$	$P_0 = 17 \text{ W}$

Jämför resultaten för R_k , X_k , P_0 och I_0 . Försök förklara eventuella skillnader.

BILAGA

Om man utgår ifrån att

$$N_2 I_2 = -N_1 I_1 \quad (1)$$

Blir nettoflödet i järnkärnan noll och endast läckflöde återstår. Läckinduktansen L_σ kan fås ur uttrycket för den magnetiska energin W_m

$$W_m = \frac{1}{2} (L_{\sigma 1} I_1^2 + L_{\sigma 2} I_2^2)$$

Med hjälp av ekvation (1) fås

$$W_m = \frac{1}{2} \left[L_{\sigma 1} + L_{\sigma 2} \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \right] I_1^2 = \frac{1}{2} [L_{\sigma 1} + L'_{\sigma 2}] I_1^2 = \frac{1}{2} L_\sigma I_1^2$$

Som leder till sambandet för läckreaktansen X_σ

$$X_\sigma = \omega L_\sigma = 2\pi f \frac{2W_m}{I_1^2} = X_k$$

För att bestämma den magnetiska energin, och därmed också läckreaktansen, kan man antingen använda sig av FEM eller göra vissa förenklingar och få fram ett analytiskt uttryck

$$X_{\sigma} = \frac{2\pi f \mu_0 l_m N_1^2}{h} \left(\delta + \frac{b_1 + b_2}{3} \right)$$

l_m – medelvarvlängden för primär- och sekundärlindningarna [m]

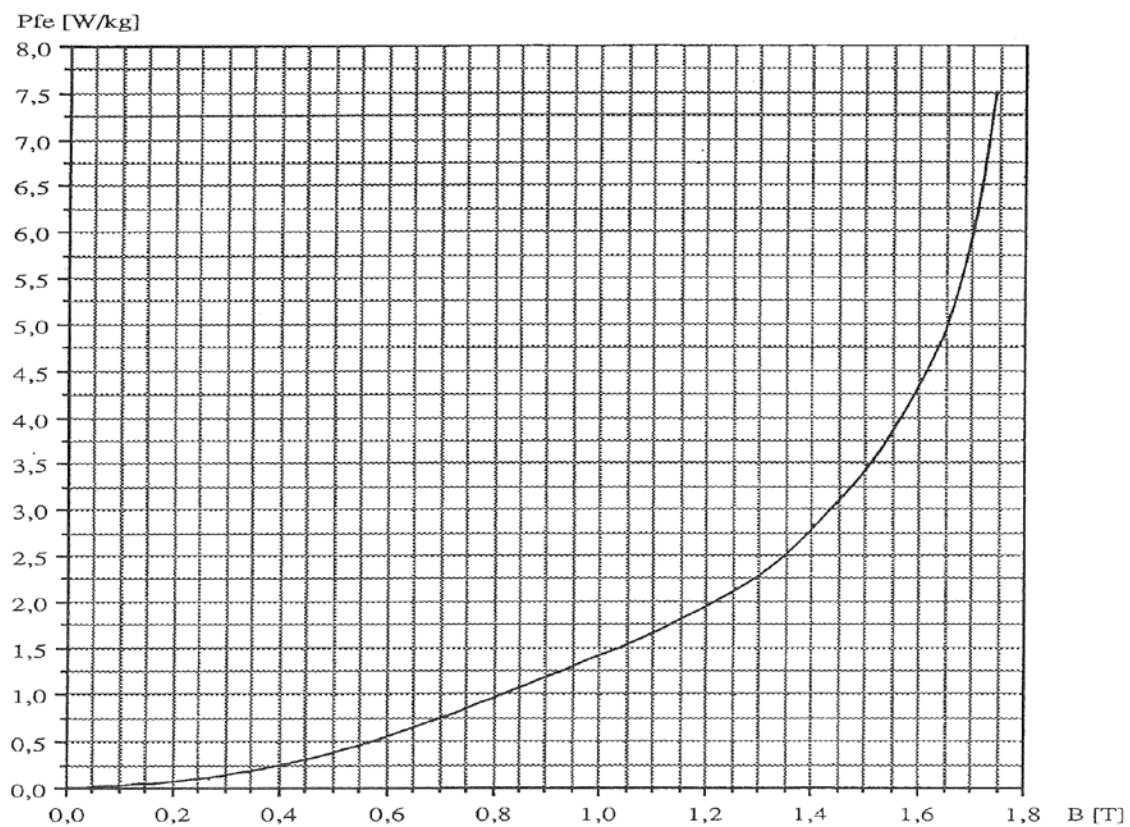
h – höjden på ”fönstret” [mm]

δ – avståndet mellan lindningarna [mm]

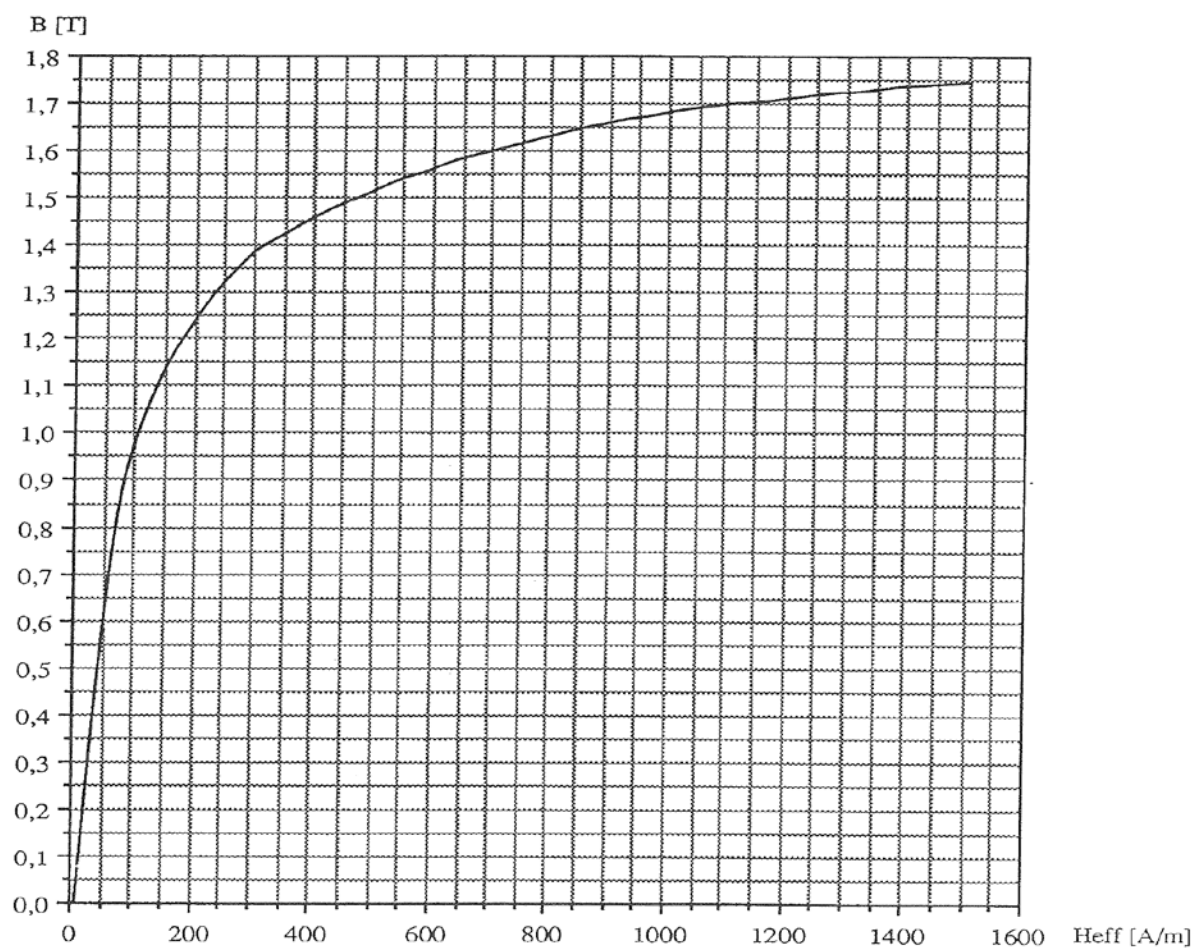
b_1 – primärlindningens tjocklek [mm]

b_2 – sekundärlindningens tjocklek [mm]

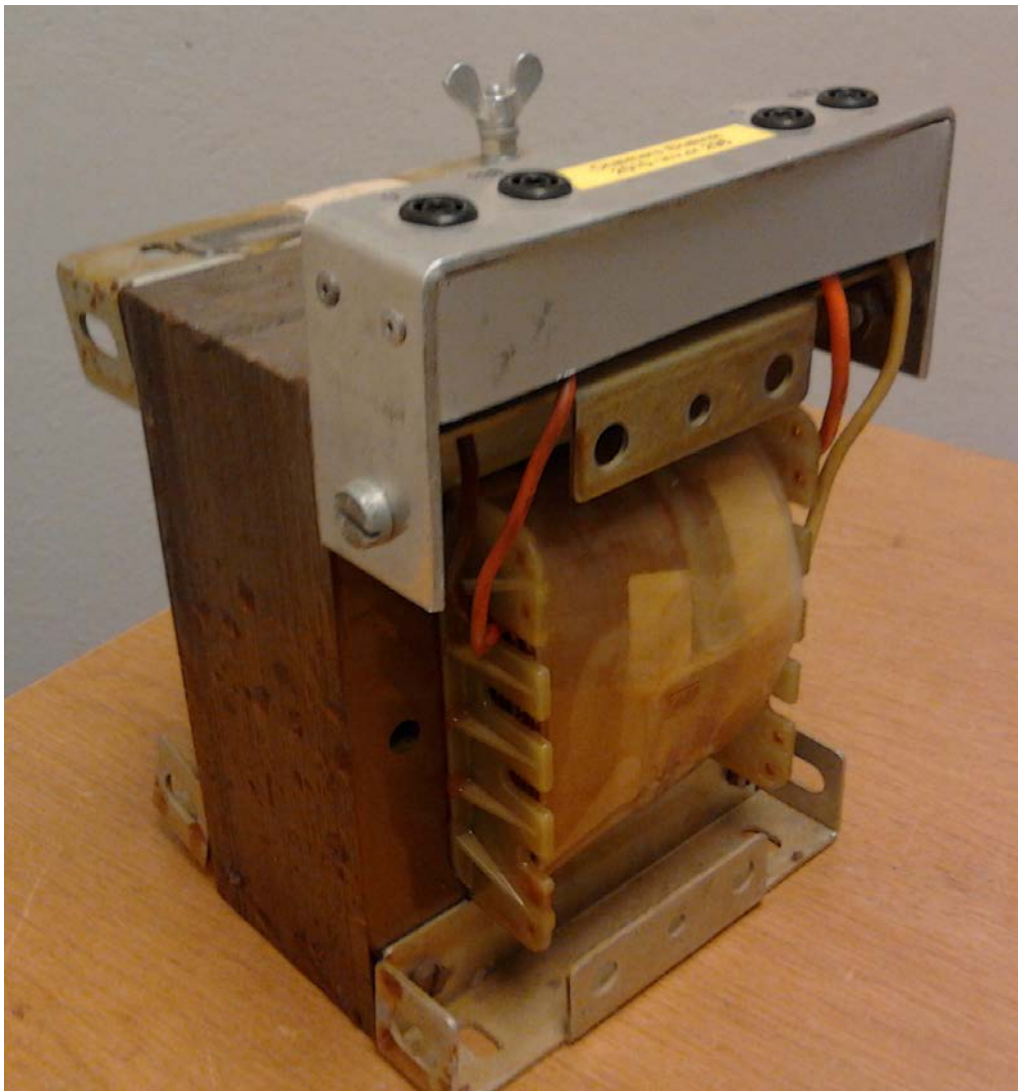
h)* Härled sambandet för läckreaktansen X_{σ} med utgångs punkt från den allmänna ekvationen för den magnetiska energin och Ampères cirkulationslag



Figur 3. Förlustkurva för transformatorplåt, 50 Hz



Figur 4. Magnetiseringskurva för transformatorplåt



Figur 5. Enfastransformator: $S_n = 1160 \text{ VA}$; 220 / 110 V