Uppgift 1. a)

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3}U_H \cos\varphi} = \frac{11000}{\sqrt{3}\cdot 400\cdot 0.85} = 18.7A$$
$$\varphi = \cos^{-1}(0.85) = 31.8^\circ$$

Svar: $I_{L_1} = 18.7e^{-j31.8^\circ}$A, $I_{L_2} = 18.7e^{-j151.8^\circ}$A, och $I_{L_3} = 18.7e^{-j271.8^\circ}$A

b)

$$\bar{U}_{12} = \bar{U}_1 - \bar{U}_2 = U_F\left(\frac{2}{3}e^{-j120^\circ}\right) = U_F\left(\frac{2}{3}+\frac{1}{2}+j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = U_F\left(\frac{7}{6}+j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) =$$
$$= \frac{U_H}{\sqrt{3}}\cdot 1.45e^{j36.6} = 335e^{j36.6^\circ}V$$

c) Samma last är inkopplad, vilket leder till att strömmen är proportionell mot spänningen.

$$I_{L,1} = \frac{2}{3}I_L = \frac{2}{3}\cdot 18.7e^{-j31.8^\circ} = 12.5e^{-j31.8^\circ}A$$

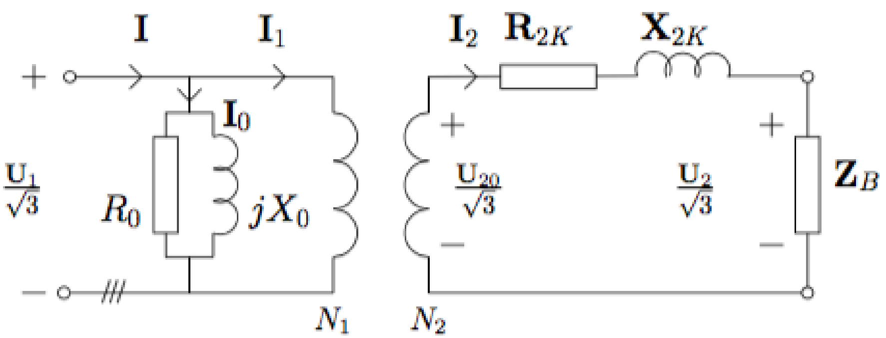
d)

$$\begin{aligned}
\bar{I}_N &= \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = 12.5e^{-j31.8^\circ} + 18.7e^{-j31.8-120^\circ} + 18.7e^{120-j31.8^\circ} = \\
&= (12.5\cos(-31.8^\circ) + 18.7\cos(-151.8^\circ) + 18.7\cos(88.2^\circ)) + \\
&+ j(12.5\sin(-31.8^\circ) + 18.7\sin(-151.8^\circ) + 18.7\sin(88.2^\circ)) = \\
&= 12.5\cdot 0.85 - 18.7\cdot 0.88 + 18.7\cdot 0.03 + \\
&+ j(-12.5\cdot 0.53 - 18.7\cdot 0.47 + 18.7\cdot 1) = \\
&= -5.27 + j3.29A = 6.21e^{148^\circ}
\end{aligned}$$

En alternativ lösning är att inse att nollströmmen är noll vid symmetriskt nät och last. När då en av linjeströmmarna ändras så antar nollströmmen samma magnitud som den ändrade linjeströmmen med rakt motsatt riktining. Dvs $I_N = (18.7-12.5)e^{-j31.8+180^\circ} = 6.2e^{j148.2^\circ}A$

Uppgift 2.

a) Kretsschemat blir enligt



Använd sambandet för tomgångsförlusten samt sambandet för skenbar effekt $S_0 = \sqrt{3} \cdot U_0 \cdot I_0$

$$
\begin{aligned}
P_{F0} &= \frac{U_0^2}{R_0} \Longrightarrow /U_0 = U_{1M}/ \Longrightarrow \\
R_0 &= \frac{U_0^2}{P_{F0}} = \frac{10.000^2}{600} = 166.7 \text{ k}\Omega
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
S_0 &= \sqrt{3} \cdot U_0 \cdot I_0 = 36.4kVA \\
Q_0 &= \sqrt{S_0^2 - P_{F0}^2} = 36.4kVAr \\
X_0 &= \frac{U_0^2}{Q_{F0}} = 2.75 \text{ k}\Omega
\end{aligned}
$$

b) Märkströmmen fås enligt

$$
\begin{aligned}
S_M &= \sqrt{3} \cdot U_{1M} \cdot I_{1M} = \sqrt{3} \cdot U_{2M} \cdot I_{2M} \Longrightarrow \\
&\Longrightarrow \begin{cases} I_{1M} &= \frac{500 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10^3} &= 28.9 \text{ A} \\ I_{2M} &= \frac{1,6 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 400} &= 721 \text{ A} \end{cases}
\end{aligned}
$$

i) R_{1K} och X_{1K} fås nu ur $P_{FKM} = 3 \cdot R_{1K} \cdot I_{1M}^2$ och $Z_{1K} = \frac{U_{1K}}{\sqrt{3} \cdot I_{1K}}$ enligt

$$
\begin{aligned}
R_{1K} &= \frac{4200}{3 \cdot 28.9^2} = 1.68 \ \Omega \\
Z_{1K} &= \frac{U_{1K}}{\sqrt{3} \cdot I_{1K}} = 12 \ \Omega \\
X_{1K} &= \sqrt{Z_{1K}^2 - R_{1K}^2} = 11.9 \ \Omega
\end{aligned}
$$

ii) Motsvarande värden blir

$$
\begin{aligned}
R_{2K} &= 2.7 \text{ m}\Omega \\
X_{2K} &= 19 \text{ m}\Omega
\end{aligned}
$$

c) I_2 kan inte beräknas direkt då inte U_2 är känd. Uttrycket för I_2 stoppas in i spänningsfallsformeln.

$$
\begin{aligned}
I_2 &= \frac{300 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_2 \cdot 0.78} \\
U_2 &\approx U_{20} - I_2 \sqrt{3} \left(R_{2K} \cos \varphi_2 + X_{2K} \sin \varphi_2 \right) = \\
&= U_{20} - \frac{300 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_2 \cdot 0.78} \sqrt{3} \left(R_{2K} \cos \varphi_2 + X_{2K} \sin \varphi_2 \right) \Longrightarrow \\
0 &= U_2^2 - U_{20} U_2 + \frac{300 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_2 \cdot 0.78} \sqrt{3} \left(R_{2K} \cos \varphi_2 + X_{2K} \sin \varphi_2 \right) \Longrightarrow \\
U_2 &= \frac{U_{20}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{U_{20}}{2} \right)^2 - 5377} = 386.1V
\end{aligned}
$$

Om istället märkspänningen används för att beräkna I_2 och därefter använda spänningsfallsformeln erhålls spänningen 386.6V, dvs relativt nära den korrekta spänningen.

Uppgift 3. a) Se exempelvis kursboken sid 104.

b)

$$E = U - R_a I_a - R_m I_m = 28 - (0.05 + 0.02) \cdot 60 = 23.8V$$

c)

$$\eta = \frac{P_{ut}}{P_{in}} = \frac{E \cdot I}{U \cdot I} = \frac{23.8 \cdot 60}{28 \cdot 60} = 0.85$$

d)

$$\begin{aligned} M = k_2 k I_a^2 = /M_{II} = \frac{1}{2} M_I / \rightarrow I_{a,II} = \frac{I_{a,I}}{\sqrt{2}} \\ E = U - (R_a + R_m) I_a = 24 - 0.07 \frac{60}{\sqrt{2}} = 21V \\ \frac{E_{a,I}}{E_{a,II}} = \frac{k_1 k I_{a,I} n_I}{k_1 k I_{a,II} n_{II}} \rightarrow n_{II} = 873rpm \end{aligned}$$

e)

$$\eta = \frac{P_{ut}}{P_{in}} = \frac{21 \cdot \frac{60}{\sqrt{2}}}{24 \cdot \frac{60}{\sqrt{2}}} = 0.875$$

Uppgift 4. a)

$$n_1 = \frac{120}{f} p$$

Poltal 4 ger $n_1 = 1500$. Därför har maskinen 4 poler.

b)

$$\begin{aligned} P_2 &= M \frac{n_2 \cdot 2\pi}{60} = 50000 \frac{1450 \cdot 2\pi}{60} = 7.59MW \\ P_1 &= \frac{P_2}{\eta} = \frac{7590000}{0.97} = 7.83MW \\ I_L &= \frac{P_1}{\sqrt{3} U_H \cos\varphi_2} = \frac{7.83 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10^4 \cdot 0.83} = 544A \end{aligned}$$

c)

$$\begin{aligned} U_I &= U_F = 10000V \\ s_I &= \frac{1500 - 1450}{1500} = 0.033 \\ M &= k_0 U_I^2 s_I \Rightarrow k_0 = 0.01501 \\ U_{II} &= U_F = \frac{10000}{\sqrt{3}} V \\ M &= k_0 U_{II}^2 s_{II} \Rightarrow s_{II} = 0.10 \\ n_{2,II} &= 1500(1 - s_{II}) = 1350rpm \end{aligned}$$

d) Beakta exempelvis motorns verkninsgrad, effektfaktor (påverkar både förluster i ledning och transformator, men även dimensionering av transformatorstationen). Om asynkronmaskin installeras måste en ny transformator installeras, annars kan troligen befintlig användas. Ett alternativ till synkronmaskin är att använda kondensatorbatterier som faskompensering för att reducera strömmen och därmed minska ledningsförluster samt undvika investering i ny transformator.

Uppgift 5. a) Se boken eller föreläsningar för hur likriktade spänningen ser ut.

b)

$$
\begin{aligned}
U_L &= \frac{6}{T}\int_{\frac{3T}{20}}^{\frac{29T}{60}} u(t)dt = \frac{6\omega}{2\pi}\int_{\frac{3\pi}{10\omega}}^{\frac{29\pi}{30\omega}} u(t)dt = \frac{3\omega}{\pi}\int_{\frac{3\pi}{10\omega}}^{\frac{29\pi}{30\omega}} \hat{u}\sin(\omega t)dt = \\
&= \frac{3\omega}{\pi}\hat{u}\left[-\frac{\cos(\omega t)}{\omega}\right]_{\frac{3\pi}{10\omega}}^{\frac{29\pi}{30\omega}} = \frac{3}{\pi}\hat{u}\left(-\cos\left(\frac{29\pi}{30}\right)+\cos\left(\frac{3\pi}{10}\right)\right) \\
&= \frac{3}{\pi}\cdot\frac{380}{\sqrt{3}}\cdot\sqrt{2}\cdot(0.994+0.588) = 468.7V
\end{aligned}
$$

c) Den likriktade spänningen kommer att öka något. I skissen så har tyristorn inkopplad till fas 1 bytts ut till en diod. Totalt blir det då fem areor av samma storlek som i b), och en area som går från 30 grader till 150 grader:

$$
\begin{aligned}
U_L &= \frac{5}{T}\int_{\frac{3T}{20}}^{\frac{29T}{60}} u(t)dt + \frac{1}{T}\int_{\frac{T}{12}}^{\frac{5T}{12}} u(t)dt = \frac{5\omega}{2\pi}\int_{\frac{3\pi}{10\omega}}^{\frac{29\pi}{30\omega}} u(t)dt + \frac{\omega}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{6\omega}}^{\frac{5\pi}{6\omega}} u(t)dt = \\
&= \frac{5\omega}{2\pi}\int_{\frac{3\pi}{10\omega}}^{\frac{29\pi}{30\omega}} \hat{u}\sin(\omega t)dt + \frac{\omega}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{6\omega}}^{\frac{5\pi}{6\omega}} \hat{u}\sin(\omega t)dt = \\
&= \frac{5\omega}{2\pi}\hat{u}\left[-\frac{\cos(\omega t)}{\omega}\right]_{\frac{3\pi}{10\omega}}^{\frac{29\pi}{30\omega}} + \frac{\omega}{2\pi}\hat{u}\left[-\frac{\cos(\omega t)}{\omega}\right]_{\frac{\pi}{6\omega}}^{\frac{5\pi}{6\omega}} = \\
&= \frac{5}{2\pi}\hat{u}\left(-\cos\left(\frac{29\pi}{30}\right)+\cos\left(\frac{3\pi}{10}\right)\right) + \frac{1}{2\pi}\hat{u}\left(-\cos\left(\frac{5\pi}{6}\right)+\cos\left(\frac{\pi}{6}\right)\right) = \\
&= \frac{5}{2\pi}\cdot\frac{380}{\sqrt{3}}\cdot\sqrt{2}\cdot(0.994+0.588) + \frac{1}{2\pi}\cdot\frac{380}{\sqrt{3}}\cdot\sqrt{2}\cdot(0.866+0.866) = \\
&= 390.6 + 87.5 = 478.1V
\end{aligned}
$$