Ü 18

a) Nach Gl. (4-90) $n_{y,M} = n \cdot \dot{V}^{1/2} \cdot Y^{-3/4}$ mit

$f = 50$ Hz (Frequenz) ; $p = 6$ (Polpaarzahl)

$n = 50/6\ [s^{-1}] = 8{,}33\ s^{-1}$

$\dot{V} = 10{,}8\ m^3/s$

$Y = g \cdot H - Y_{V,RL}$ (Gl. 3-58 und 8-5)

Da bei Turbinen die Saugleitung und damit deren Verluste zur Maschine (Wirkungsgrad η_e) gehören, zählen als Rohrleitungsverluste nur die der Druckleitung, also $Y_{V,RL} = Y_{V,DL}$.

$Y = 9{,}81 \cdot 161{,}6 - 149\ [m^2/s^2] = 1436{,}3\ m^2/s^2$

Eingesetzt in Gl. (4-90):

$n_{y,M} = 8{,}33 \cdot \sqrt{10{,}8} / 1436{,}3^{3/4} = 0{,}12$

Hierzu lt. Tab. 11-1: FRANCIS-Langsamläufer

b) $P_e = \dot{m} \cdot Y_e = \dot{m} \cdot Y \cdot \eta_e$ mit

$\dot{m} = \dot{V} \cdot \varrho = 10{,}8 \cdot 10^3\ [m^3/s \cdot kg/m^3] = 10{,}8 \cdot 10^3\ kg/s$

$P_e = 10{,}8 \cdot 10^3 \cdot 1436{,}3 \cdot 0{,}85\ [kg/s \cdot m^2/s^2]$

$\underline{P_e} = 13185 \cdot 10^3\ W \approx \underline{13\ MW}$

c) $\eta_A = \eta_{RL} \cdot \eta_T \cdot \eta_G$ lt. Gl. (8-148) mit

Gl. (8-147) $\eta_{RL} = 1 - \dfrac{Y_{V,RL}}{g \cdot H} = 1 - \dfrac{149}{9{,}81 \cdot 161{,}6} = 0{,}906$

$\eta_T = \eta_e = 0{,}85$ und $\eta_G = 0{,}95$ (lt. Aufgabe)

Eingesetzt:

$\eta_A = 0{,}906 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}95 = 0{,}73$

d) Nach Gl. (5-21) wird mit $\lambda_1 = 0{,}16$, $\lambda_2 = 0{,}7$, $\delta_{r,(a)} = 1$, $\beta_{0,(a)} = 25°$ und $k_N = 0{,}82$:

$$S_y^{-\frac{4}{3}} = \frac{1}{2 \cdot \left(\frac{0{,}82}{4 \cdot \pi}\right)^{2/3}} \cdot \left[0{,}16 \cdot \left(\frac{1}{\cos^2 25° \cdot \sin 25°}\right)^{2/3} + 0{,}7 \cdot \tan^{4/3} 25°\right]$$

$S_y^{-4/3} = 1{,}7801 \longrightarrow S_y = 1{,}7801^{-3/4} = \underline{0{,}65}$

(Vergleiche auch Gl. (5-23))

e) $Th = (n_y / S_y)^{4/3}$ gemäß Gl. (5-32)

$\underline{Th} = (0{,}12 / 0{,}65)^{4/3} = 0{,}105 \approx \underline{0{,}1}$

f) $Y_{H,M} = \left(n \cdot \sqrt{\dot{V}_{La}} / S_y\right)^{4/3}$ nach Gl. (5-20)

Mit angen. $\lambda_L \approx 1$ (Gl. 4-91) wird:

$Y_{H,M} = (8{,}33 \cdot \sqrt{10{,}8} / 0{,}65)^{4/3}\ \left[\left(s^{-1} \cdot \sqrt{m^3/s}\right)^{4/3}\right]$

$\underline{Y_{H,M} = 146\ m^2/s^2}$ (sehr hoch!)

Oder

$\underline{Y_{H,M}} = Th \cdot Y = 0{,}105 \cdot 1436{,}3\ m^2/s^2 \approx \underline{151\ m^2/s^2}$

g) Nach Gl. (5-9):

$$H_{S,max} \le \frac{1}{g} \cdot \left[\frac{p_{UW}}{\varrho} + \frac{c_{UW}^2}{2} + Y_{V,SL} - \frac{p_{Da}}{\varrho} - Y_{H,M}\right]$$

Mit $p_{UW} = 1\,bar$, $c_{UW} \approx 0$, $Y_{V,SL} = 12{,}5\ m^2/s^2$ und $p_{Da} = 0{,}012\ bar$, $\varrho \approx 1000\ kg/m^3$ nach Tafel 9 für Wasser von angen. 10 °C, wird:

$$H_{S,max} \le \frac{1}{9{,}81} \cdot \left[\frac{10^5}{10^3} + 12{,}5 - \frac{0{,}012 \cdot 10^5}{10^3} - 146\right]$$

$$\left[\frac{1}{m/s^2} \cdot \left(\frac{Pa}{kg/m^3} \quad \frac{m^2}{s^2} \quad \frac{Pa}{kg/m^3} \quad \frac{m^2}{s^2}\right)\right]$$

$\underline{H_{S,max} \le -3{,}54\ m \approx -3{,}6\ m}$

Das bedeutet, der Turbinensaugstutzen muß mindestens 3,6 m unterhalb des Unterwasserspiegels UW angeordnet werden.