
EN Formelsammlung

Tony Pham

12. Dezember 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Deckung des Energiebedarfs	2
1.1	Frequenz-Wirkleistungsregelung	2
1.2	Belastungsdiagramm, -dauer T_n	2
2	Transformatoren	2
2.1	Grundlagen	2
2.1.1	Grundgleichungen idealer Trafo	2
2.1.2	Bemessung Trafos	2
2.1.3	Wachstumsgesetze	2
2.2	ESB Trafo	2
2.3	Betriebskonstanten	2
2.3.1	Kurzschlussmessung	2
2.3.2	2

1 Deckung des Energiebedarfs

1.1 Frequenz-Wirkleistungsregelung

a) stationärer Zustand (Gleichgewicht)

$$W_{rot} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega_{mech}^2 \quad \omega_{el} = p \cdot \omega_{mech}$$
$$W_{mech-zu} = W_{el-ab} \quad P_{mech-zu} = P_{el-ab}$$

p : Polpaarzahl J : Massenträgheitsmoment

b) Störung

Sprunghafte Zunahme um $\Delta P \Rightarrow$ Abbremsen der Rotoren \Rightarrow Sinken der Drehzahl aller Generatoren \Rightarrow fehlende Energie wird aus gesp. Rotationsenergie aller elek. Maschinen übernommen ΔW_{rot}

$$W_{m-zu} \neq W_{el-ab} \quad P_{m-zu} \neq P_{el-ab}$$
$$\Delta W_{rot} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot (\omega_{stat} - \omega_{akt})$$

1.2 Belastungsdiagramm, -dauer T_n

$$W_{el} = P_n \cdot T_a = P_{max} \cdot T_m = P_{mittel} \cdot T_n$$

2 Transformatoren

2.1 Grundlagen

2.1.1 Grundgleichungen idealer Trafo

$$U_{ieff} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 2\pi f \cdot N \cdot A_{Fe} \cdot \hat{B} = 4,44 \cdot N \cdot f \cdot \hat{B} \cdot A_{Fe}$$

$$\text{Spannungstrafo: } \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{u}$$

$$\underline{U}'_2 = \ddot{u} \cdot \underline{U}_2$$

$$\text{Stromtrafo: } \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = u$$

$$\underline{I}'_2 = \underline{I}_2 \cdot \frac{1}{u}$$

$$\text{Impedanztrafo: } Z_1 = \ddot{u}^2 \cdot Z_2$$

$$R'_2 = \ddot{u}^2 \cdot R_2$$

$$L'_{2\sigma} = \ddot{u}^2 \cdot L_{2\sigma}$$

$$\text{Durchgangsleistung: } S_1 = S_2 = S_D$$

2.1.2 Bemessung Trafos

$$N_1 \cdot A_{L1} = N_2 \cdot A_{L2}$$

$$A_{Lges,1} = A_{Lges,2} = A_{cu,ges}$$

Windungsspannung:

$$\frac{U_1}{N_1} = \frac{U_2}{N_2} = U_{W1} = U_{W2} = U_W$$

$$U_W \approx k \cdot A_{Fe}$$

Bemessungsleistung 3-Phasen-Trafo:

$$S_{rT} = 3 \cdot 4,44 \cdot f \cdot \hat{B}_{zul} \cdot J_r \cdot (A_{Fe} \cdot A_{Cu})$$

$$S_{rT} = k \cdot (A_{Fe} \cdot A_{Cu})$$

Auslegung:

$$f = 50 \text{ Hz}, B = 1,7 \text{ T} - 1,8 \text{ T}, A_{Fe} = 1,2 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

test

test

test

test

testf

2.1.3 Wachstumsgesetze

Frage: 1 Trafo (900MVA) wirtschaftlicher als 3 Trafos (je 300 MVA)?

$$A_{Fe,neu} = A_{Fe} \cdot k^2 \quad A_{cu,neu} = A_{cu} \cdot k^2$$

$$V_{neu} = V \cdot k^3 \quad S_{rT,neu} = S_{rT} \cdot k^4$$

Gewicht: $m_{neu} = m \cdot k^3 \Rightarrow$ Kosten \downarrow

Verluste: $P_{V,Cu,neu} = P_{V,Cu} \cdot k^3$

Verluste: $P_{V,Fe,neu} = P_{V,Fe} \cdot k^3$

$P_{V,ges,neu} = P_{V,ges} \cdot k^3 \Rightarrow$ Wirkungsgrad $\eta \uparrow$

Kühlung: $A_{Huell,neu} = A_H \cdot k^2$

\Rightarrow relative Kühlfläche \downarrow , Aufwand Kühlung \uparrow

1 Trafo wirtschaftlicher!

2.2 ESB Trafo

$$\text{Maschengleichung: } \begin{pmatrix} R_1 & j\omega L'_{1\sigma} \\ R'_2 & j\omega L'_{2\sigma} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \underline{I}_1 \\ -\underline{I}'_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \underline{U}_1 \\ \underline{U}'_2 \end{pmatrix}$$

$$U_1 = R_1 \cdot \underline{I}_1 + j\omega L_{1\sigma} \cdot \underline{I}_1 - R'_2 \cdot \underline{I}'_2 - j\omega L'_{2\sigma} \cdot \underline{I}'_2 + \underline{U}'_2$$

Mit $\underline{I}_1 = -\underline{I}_2$ und $\underline{U}'_2 = \ddot{u} \cdot \underline{U}_2$:

$$U_1 = (R_1 + R_2) \cdot \underline{I}_1 + j(X_{1\sigma} + X_{2\sigma}) \cdot \underline{I}_1 + \ddot{u} \cdot \underline{U}_2$$

2.3 Betriebskonstanten

2.3.1 Kurzschlussmessung

Kurzschluss(KS) der Klemmen an OS/US

\Rightarrow Messen der Spannung an US/OS

\Rightarrow Angabe relative KS-Spannung u_k in %

2.3.2