



Seminaraufgaben

1.Semester - Wintersemester 1998/99

Abt. Technische Informatik
Gerätebeauftragter
Dr. rer.nat. Hans-Joachim Lieske
Tel.: [49]-0341-97 32213
Zimmer: HG 05-22
e-mail: lieske@informatik.uni-leipzig.de

Aufgaben zur Übung Technische Informatik I - Elektrotechnische Grundlagen

1. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

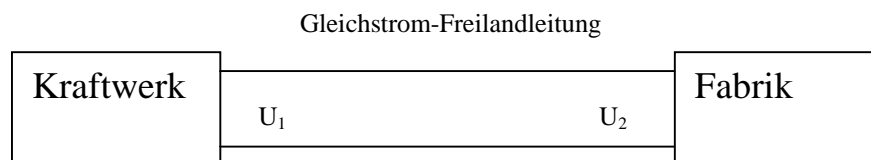
Eine Fabrik wird über eine Gleichstrom Freilandleitung von einem 100 km entfernten Kraftwerk versorgt.

Es werden dabei in einem Monat (30 Tage mit 24 Stunden) 360 MWh *an die Fabrik* übertragen.

Für die Hin- und Rückleitung wird aus mechanischen und ökonomischen Gründen Stahldraht verwendet.

Berechnen Sie die Verlustleistung über das Leitungssystem (Hin- und Rückleitung) sowie die finanziellen Verluste des Kraftwerks bei Verwendung von Übertragungsspannungen von 500 kV, 100kV, 50kV und 1kV wenn eine kWh mit 0,20 DM angesetzt wird.

Berechnung der Werte auf 5 Stellen genau.



Werte:

$$\rho_{\text{Eisen}} = 0,1 \Omega \text{mm}^2 / \text{m}$$

$$l = 100 \text{ km}$$

$$r = 2,52313 \text{ mm}$$

$$W = 360 \text{ MWh}$$

für 30d (Tage =dies) und 24h (Stunden = hora)

Formeln:

$$W = U \cdot I \cdot t$$

mit $W = \text{Energie (Arbeit)}$ [Wh]

U = Spannung [V]

I = Strom [A]

T = Zeit [s, h]

$$P = U \cdot I$$

P = Leistung [W]

$$R = U / I = \rho \cdot l / A$$

mit R = elektrischer Widerstand [Ω]

ρ = spezifischer elektrischer Widerstand [$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$]

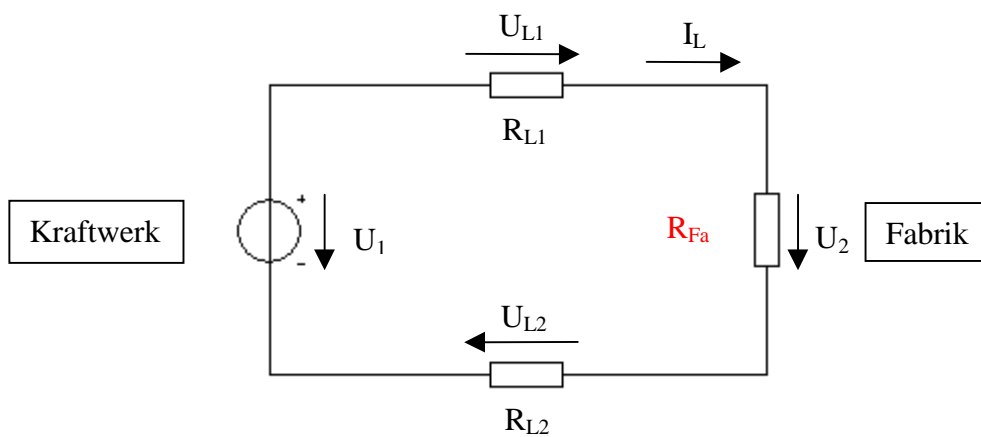
l = Länge des Leiters [m]

A = Fläche des Leiters [mm^2]

$$A = \pi \cdot r^2$$

r = Radius des Leiters [mm]

Ersatzschaltung:



Aufgabe:

1. Bestimmen Sie die Leistung *der Fabrik* anhand der in einem Monat (30 Tage mit 24 Stunden) verbrauchten Energie.
2. Bestimmen Sie den Ersatzwiderstände *der Fabrik* ($R_{Fa1} \dots R_{Fa4}$) des aus der Leistung und der Spannung, wenn eine 500 kV, 100kV, 50kV und 1kV Leitung verwendet wird. Das heißt, es liegt dann jeweils eine Spannung von ($U_{2,1} \dots U_{2,4}$) von 500 kV, 100kV, 50kV und 1kV an R_{Fa} .
3. Bestimmen Sie an Hand der verschiedenen Widerstände die Ströme, die bei den verschiedenen Betriebsarten ($R_{Fa1} \dots R_{Fa4}$) in die Fabrik fließen.
4. Bestimmen Sie den Widerstand der beiden Stränge der Gleichstrom Freilandleitung (R_{L1} und R_{L2}) aus den technischen Parametern.
5. Bestimmen Sie die Ströme durch die beiden Stränge der Gleichstrom Freilandleitung ($I_{L1,1} \dots I_{L1,4}$ und $I_{L2,1} \dots I_{L2,4}$) für die 4 Betriebsarten.
6. Bestimmen Sie die Spannungen über die beiden Stränge der Gleichstrom Freilandleitung ($U_{L1,1} \dots U_{L1,4}$ und $U_{L2,1} \dots U_{L2,4}$) für die 4 Betriebsarten.
7. Bestimmen Sie die Leistungen die von den beiden Stränge der Gleichstrom Freilandleitung ($P_{L1,1} \dots P_{L1,4}$ und $P_{L2,1} \dots P_{L2,4}$) für die 4 Betriebsarten verbraucht werden.
8. Welche Spannungen ($U_{1,1} \dots U_{1,4}$) muß das Kraftwerk liefern, damit am Ende die geforderten Spannungen ($U_{2,1} \dots U_{2,4}$) ankommen.
9. Bestimmen Sie die finanziellen Verluste ($V_1 \dots V_4$), die das Kraftwerk in einem Monat (30 Tage mit 24 Stunden) durch die in den Leitungen verbrauchte Energie hat, wenn für eine Kilowattstunde Energie der Selbstkostenpreis von 0,20 DM angesetzt wird.

Präfixe zur Kennzeichnung des Vielfachen von gesetzlichen Einheiten (dezimal)		
Zeichen	Faktor	Bezeichnung
Y	10^{24}	Yotta
Z	10^{21}	Zetta
E	10^{18}	Exa
P	10^{15}	Peta
T	10^{12}	Tera
G	10^9	Giga
M	10^6	Mega
k	10^3	Kilo
m	10^{-3}	Milli
μ	10^{-6}	Mikro
n	10^{-9}	Nano
p	10^{-12}	Pico
f	10^{-15}	Femto
a	10^{-18}	Atto
z	10^{-21}	Zepto
y	10^{-24}	Yocto
h	10^2	Hekto
da	10^1	Deka
d	10^{-1}	Dezi
c	10^{-2}	Zenti

Tabelle 3

Bitte benutzen Sie bei den End- und Zwischenergebnissen die Präfixe. Nichtbeachtung wird als Fehler geahndet. Bei den Berechnungen ist Ihnen die Benutzung freigestellt.

Lösung

1. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

1.1 Bestimmen Sie die Leistung *der Fabrik* anhand der in einem Monat (30 Tage mit 24 Stunden) verbrauchten Energie.

$$P = U \cdot I$$

$$P = \text{Leistung} \quad [\text{W}]$$

$$W = U \cdot I \cdot t$$

$$\text{mit } W = \text{Energie (Arbeit)} \quad [\text{Wh}]$$

$$U = \text{Spannung} \quad [\text{V}]$$

$$I = \text{Strom} \quad [\text{A}]$$

$$T = \text{Zeit} \quad [\text{s, h}]$$

Für alle Betriebsarten:

$$P = W/t = 360\text{MWh}/(30\text{d} \cdot 24\text{h/d}) = 360\text{MWh}/720\text{h} = \mathbf{500\text{kW}}$$

1.2 Bestimmen Sie den Ersatzwiderstände *der Fabrik* ($R_{Fa1} \dots R_{Fa4}$) des aus der Leistung und der Spannung, wenn eine 500 kV, 100kV, 50kV und 1kV Leitung verwendet wird. Das heißt, es liegt dann jeweils eine Spannung von ($U_{2,1} \dots U_{2,4}$) von 500 kV, 100kV, 50kV und 1kV an R_{Fa} .

$$R = U/I = U^2/P$$

Fall 1: U = 500kV

$$R_{Fa1} = (500\text{kV})^2 / 500 \text{ kW} = 500\text{kV} \cdot 500\text{kV} / 500 \text{ kW} = \mathbf{500\text{k}\Omega}$$

Fall 2: U = 100kV

$$R_{Fa2} = (100\text{kV})^2 / 500 \text{ kW} = 10000\text{k}^2\text{V}^2 / 500 \text{ kW} = \mathbf{20\text{k}\Omega}$$

Fall 3: U = 50kV

$$R_{Fa3} = (50\text{kV})^2 / 500 \text{ kW} = 2500\text{k}^2\text{V}^2 / 500 \text{ kW} = \mathbf{5\text{k}\Omega}$$

Fall 4: U = 1kV

$$R_{Fa4} = (1\text{kV})^2 / 500 \text{ kW} = 1\text{k}^2\text{V}^2 / 500 \text{ kW} = \mathbf{2\Omega}$$

1.3 Bestimmen Sie an Hand der verschiedenen Widerstände die Ströme, die bei den verschiedenen Betriebsarten ($R_{Fa1} \dots R_{Fa4}$) in die Fabrik fließen.

$$I = P/U = U/R$$

Fall 1: $U = 500\text{kV}$

$$I_{Fa1} = 500\text{kV} / 500\text{k}\Omega = \mathbf{1A}$$

Fall 2: $U = 100\text{kV}$

$$I_{Fa2} = 100\text{kV} / 20\text{k}\Omega = \mathbf{5A}$$

Fall 3: $U = 50\text{kV}$

$$R_{Fa3} = 50\text{kV} / \mathbf{5\text{k}\Omega} = \mathbf{10A}$$

Fall 4: $U = 1\text{kV}$

$$R_{Fa4} = 1\text{kV} / \mathbf{2\Omega} = \mathbf{500A}$$

1.4 Bestimmen Sie den Widerstand der beiden Stränge der Gleichstrom Freilandleitung (R_{L1} und R_{L2}) aus den technischen Parametern.

$$R = U / I = \rho \cdot l / A \quad \text{mit} \quad \begin{array}{ll} R = \text{elektrischer Widerstand} & [\Omega] \\ \rho = \text{spezifischer elektrischer Widerstand} & [\Omega\text{mm}^2/\text{m}] \\ l = \text{Länge des Leiters} & [\text{m}] \\ A = \text{Fläche des Leiters} & [\text{mm}^2] \\ r = \text{Radius des Leiters} & [\text{mm}] \end{array}$$

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$A = \pi \cdot (2,52313\text{mm})^2 = 19,999960 \approx \mathbf{20\text{mm}^2}$$

$$R_{L1} = R_{L2} = 0,1 \Omega\text{mm}^2/\text{m} \cdot 100\text{km}/20\text{mm}^2 = \mathbf{500\Omega}$$

1.5 Bestimmen Sie die Ströme durch die beiden Stränge der Gleichstrom Freilandleitung ($I_{L1,1} \dots I_{L1,4}$ und $I_{L2,1} \dots I_{L2,4}$) für die 4 Betriebsarten.

Fall 1: $U = 500\text{kV}$

$$I_{L1,1} = I_{L2,1} = I_{Fa1} = \mathbf{1A}$$

Fall 2: $U = 100\text{kV}$

$$I_{L1,2} = I_{L2,2} = I_{Fa2} = \mathbf{5A}$$

Fall 3: $U = 50\text{kV}$

$$I_{L1,3} = I_{L2,3} = I_{Fa3} = \mathbf{10A}$$

Fall 4: $U = 1\text{kV}$

$$I_{L1,4} = I_{L2,4} = I_{Fa4} = \mathbf{500A}$$

1.6 Bestimmen Sie die Spannungen über die beiden Stränge der Gleichstrom Freilandleitung ($U_{L1,1} \dots U_{L1,4}$ und $U_{L2,1} \dots U_{L2,4}$) für die 4 Betriebsarten.

Da $R_{L1} = R_{L2}$ gilt:

$$U_{L1} = U_{L2} = I_{Fa} \cdot R_{L1} = I_{Fa} \cdot R_{L2} \quad \text{mit } I_{L1} = I_{L2} = I_{Fa} \quad \text{und } U_{L1} = U_{L2}$$

Fall 1: $U = 500\text{kV}$

$$U_{L1,1} = U_{L2,1} = 1\text{A} \cdot 500\Omega = \mathbf{500\text{ V}}$$

Fall 2: $U = 100\text{kV}$

$$U_{L1,2} = U_{L2,2} = 5\text{A} \cdot 500\Omega = \mathbf{2,5\text{kV}}$$

Fall 3: $U = 50\text{kV}$

$$U_{L1} = U_{L2} = 10\text{A} \cdot 500\Omega = \mathbf{5\text{kV}}$$

Fall 4: $U = 1\text{kV}$

$$U_{L1} = U_{L2} = 500\text{A} \cdot 500\Omega = \mathbf{250\text{kV}}$$

1.7 Bestimmen Sie die Leistungen die von den beiden Stränge der Gleichstrom Freilandleitung ($P_{L1,1} \dots P_{L1,4}$ und $P_{L2,1} \dots P_{L2,4}$) für die 4 Betriebsarten verbraucht werden.

Da $R_{L1} = R_{L2}$ gilt:

$$P_{L1} = P_{L2} = I_{Fa} \cdot U_{L1} = I_{Fa} \cdot U_{L2} \quad \text{mit } I_{L1} = I_{L2} = I_{Fa} \quad \text{und } U_{L1} = U_{L2}$$

Fall 1: $U = 500\text{kV}$

$$P_{L1,1} = P_{L2,1} = 1\text{A} \cdot 500\text{V} = \mathbf{500\text{ W}}$$

Fall 2: $U = 100\text{kV}$

$$P_{L1,2} = P_{L2,2} = 5\text{A} \cdot 2,5\text{kV} = \mathbf{12,5\text{kW}}$$

Fall 3: $U = 50\text{kV}$

$$P_{L1} = P_{L2} = 10\text{A} \cdot 5\text{kV} = \mathbf{50\text{kW}}$$

Fall 4: $U = 1\text{kV}$

$$P_{L1} = P_{L2} = 500\text{A} \cdot 250\text{kV} = \mathbf{125\text{MW}}$$

1.8 Welche Spannungen ($U_{1,1} \dots U_{1,4}$) muß das Kraftwerk liefern, damit am Ende die geforderten Spannungen ($U_{2,1} \dots U_{2,4}$) ankommen.

Da $R_{L1} = R_{L2}$ gilt:

$$U_1 = U_{L1} + U_2 + U_{L2} = U_2 + 2 \cdot U_{L2} \quad \text{mit } I_{L1} = I_{L2} = I_{Fa} \text{ und } U_{L1} = U_{L2}$$

Fall 1: $U = 500\text{kV}$

$$U_{1,1} = 500\text{kV} + 2 \cdot 500\text{V} = \mathbf{501\text{kV}}$$

Fall 2: $U = 100\text{kV}$

$$U_{1,2} = 100\text{kV} + 2 \cdot 2,5\text{kV} = \mathbf{105\text{kV}}$$

Fall 3: $U = 50\text{kV}$

$$U_{1,1} = 50\text{kV} + 2 \cdot 5\text{kV} = \mathbf{60\text{kV}}$$

Fall 4: $U = 1\text{kV}$

$$U_{1,1} = 1\text{kV} + 2 \cdot 250\text{kV} = \mathbf{501\text{kV}}$$

1.9 Bestimmen Sie die finanziellen Verluste ($V_1 \dots V_4$), die das Kraftwerk in einem Monat (30 Tage mit 24 Stunden) durch die in den Leitungen verbrauchte Energie hat, wenn für eine Kilowattstunde Energie der Selbstkostenpreis von 0,20 DM angesetzt wird.

Da $P_{L1} = P_{L2}$ gilt:

$$V = V_{L1} + V_{L2} = 2 \cdot V_{L1} = 2 \cdot P_{L1} \cdot t \cdot K = 2 \cdot W_{VL1} \cdot K$$

$$\begin{aligned} \text{mit } K &= 0,20 \text{ DM/kWh} \\ \text{und } t &= 720\text{h} \end{aligned}$$

Fall 1: $U = 500\text{kV}$

$$V_1 = 2 \cdot 500\text{W} \cdot 720\text{h} \cdot 0,20 \text{ DM/kWh} = 2 \cdot 360\text{kWh} \cdot 0,20 \text{ DM/kWh} = \mathbf{144\text{DM}}$$

Fall 2: $U = 100\text{kV}$

$$V_1 = 2 \cdot 12,5\text{kW} \cdot 720\text{h} \cdot 0,20 \text{ DM/kWh} = 2 \cdot 9\text{MWh} \cdot 0,20 \text{ DM/kWh} = \mathbf{3600\text{DM}}$$

Fall 3: $U = 50\text{kV}$

$$V_1 = 2 \cdot 50\text{kW} \cdot 720\text{h} \cdot 0,20 \text{ DM/kWh} = 2 \cdot 36\text{MWh} \cdot 0,20 \text{ DM/kWh} = \mathbf{14400\text{DM}}$$

Fall 4: $U = 1\text{kV}$

$$V_1 = 2 \cdot 125\text{MW} \cdot 720\text{h} \cdot 0,20 \text{ DM/kWh} = 2 \cdot 90\text{GWh} \cdot 0,20 \text{ DM/kWh} = \mathbf{36\ 000\ 000\text{DM}}$$