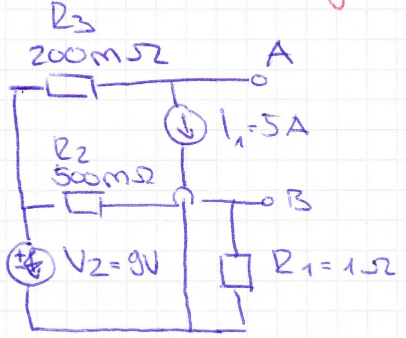
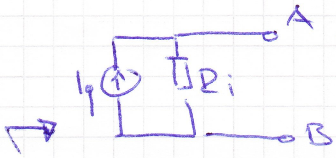
Lösungen zu Prüfungskatalog PUK NUS I

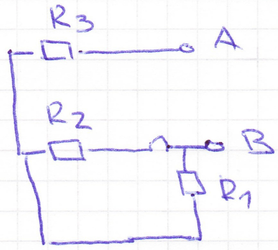
1.1





a) Dimensionieren Sie eine Ersatzstromquelle mit gleichem Verhalten, wie die Schaltung.

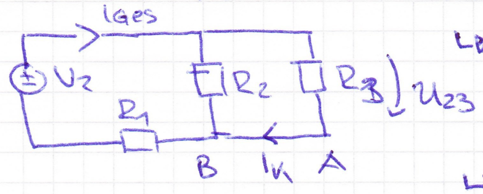
1.) R_i berechnen: Alle Quellen = 0 setzen und den Gesamtwiderstand von den Klemmen ausgesehen berechnen.

↳ 

$$\Rightarrow R_i = R_3 + (R_2 \| R_1) = 0.533\,\Omega$$

2.) Für Ersatzstromquelle den Kurzschlussstrom zwischen A/B berechnen
↳ mehrere Quellen ⇒ Superpositionsprinzip.

i) neu zeichnen:



Variante 1: I_{Ges} berechnen + Stromteiler

↳ $$I_{GES} = \frac{V_2}{R_{Ges}} = \frac{V_2}{(R_2 \| R_3) + R_1} = \frac{9V}{\left[\left(\frac{0.2 \cdot 0.5}{0.2 + 0.5}\right) + 1\right]\Omega} = 7.875\,A$$

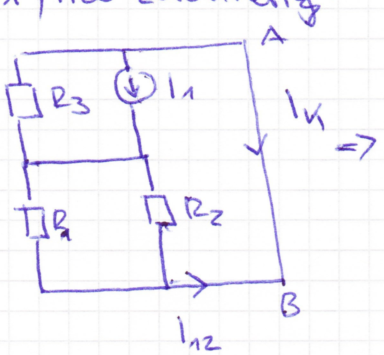
↳ $$I_K(V_2) = I_{Ges} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 5.625\,A$$

Variante 2: Spannungsteiler über $(R_2 \| R_3)$

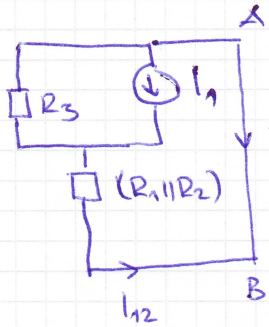
↳ $$U_{23} = V_2 \cdot \frac{(R_2 \| R_3)}{(R_2 \| R_3) + 1} = \cancel{1.125}\ 1.125\,V$$

↳ $$I_K(V_2) = \frac{U_{23}}{R_3} = 5.625\,A$$

ii) neu zeichnen:



⇒

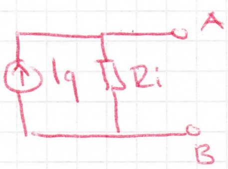


→ Schaltung vereinfachen, um einfachen Stromteiler über 2 Widerständen machen zu können.

$$\Rightarrow I_{12} = I_1 \cdot \frac{R_3}{(R_1 \| R_2) + R_3} = 1.875\,A$$

↳ $$I_K(I_1) = -I_{12} = -1.875\,A$$

⇒ Ersatzquelle:

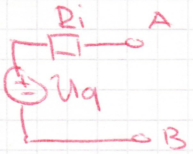


$$I_q = I_K(V_2) + I_K(I_1) = \underline{\underline{3.75\,A}}$$

$$\underline{\underline{R_i = 0.533\,\Omega}}$$

b) Dimensionieren Sie eine Ersatzspannungsquelle mit gleichem Verhalten.

→ Ersatzstrom-/spannungsquellen können immer ineinander umgewandelt werden

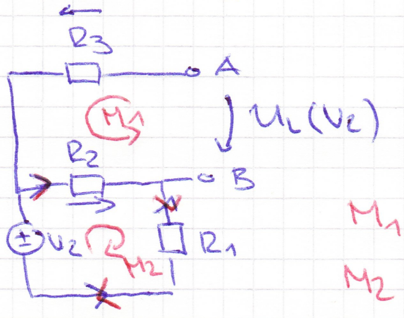
→ Ersatzquelle: 

$U_q = I_q \cdot R_i = 3.75\,A \cdot 0.533\,\Omega = 2V$

$\underline{\underline{R_i = 0.533\,\Omega}}$

alternativ neu berechnen:

→ Ersatzspannungsquelle Leerlaufspannung berechnen.

i) 

→ kein Strom durch R_3 wegen Leerlauf → $U_{R3} = 0$

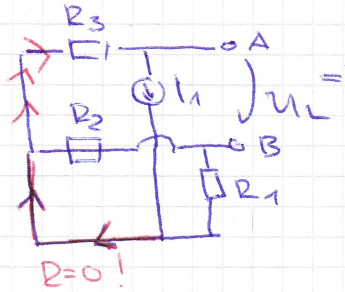
↳ Strom kreist nur entlang rot gezeichneter Pfeile!

$M_1: U_L(V_2) = \underbrace{U_{R3}}_{=0} + U_{R2} = U_{R2}$

$M_2: V_2 = U_{R2} + U_{R1} \Rightarrow$ Spannungsteiler

↳ $U_{R2} = V_2 \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2} = 9V \cdot \frac{0.5}{0.5+1} = 3V$

$\Big\}\ U_L(V_2) = U_{R3} = 3V$

ii) 

⇒ Im rot gezeichneten Pfad ist $R=0$, Strom wird nur dort fliessen und nicht durch $R_1 + R_2$.

↳ Spannung über $R_2, R_1 = 0$

↳ $U_L(I_1) = -I_1 \cdot R_3 = -1V$

↳ $U_q = U_L(V_2) + U_L(I_1) = 3V - 1V = \underline{\underline{2V}}$ // selbes Resultat wie oben.

$\underline{\underline{R_i = 0.533\,\Omega}}$

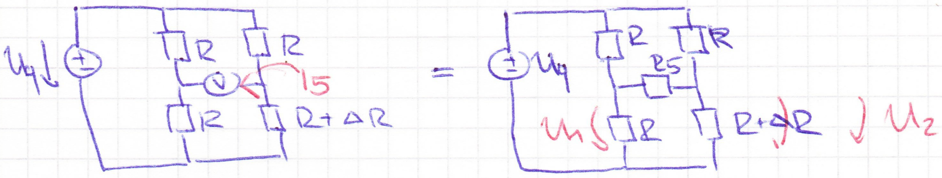
c) Bei welchem R_L wird die abgegebene Leistung maximal?

⇒ immer wenn $R_L = R_i$

⇒ kann alternativ mit $P_L(R_L)$ und $\frac{dP_L(R_L)}{dR_L} \overset{!}{=} 0$ gefunden werden.

↳ wird aber niemals an einer Prüfung gefragt.

2.1 Messbrücke: $R = 350\,\Omega$, $\alpha = 0.004\,K^{-1}$, $U_q = 6.3\,V$, $R_5 = 80\,\Omega$



Wie gross ist der Strom bei $T_V = 32{,}7\,°C$, wenn bei $T_0 = 20\,°C$ abgeglichen wurde?

$\Rightarrow R_V = \alpha(T_V - T_0) = 0.0508\,\Omega$

Bemerkung: Für das weitere Vorgehen wird hier implizit angenommen, dass I_5 vernachlässigbar klein ist, so dass man den unbelasteten Spannungsteiler verwenden kann.

Dies vereinfacht das berechnen erheblich. Für euch ist das noch sehr schwer abzuschätzen, doch in der Prüfung wird auf solche Sachen hingewiesen. (siehe AMIV Prüfungskatalog).

$$U_1 = U_q \cdot \frac{R}{R+R} = \frac{U_q}{2}$$

$$U_2 = U_q \cdot \frac{R+\Delta R}{R+R+\Delta R}$$

$$U_5 = U_2 - U_1 = U_q \cdot \left(\frac{R+\Delta R}{2R+\Delta R} - \frac{R}{2R}\right)$$

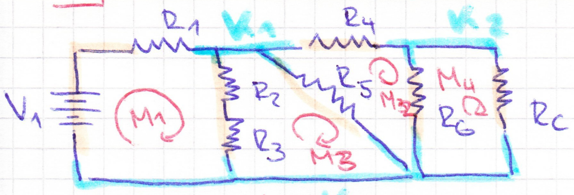
Lieber gleich in TR eingeben, um Fehler zu vermeiden.

$$= 229\,\mu V$$

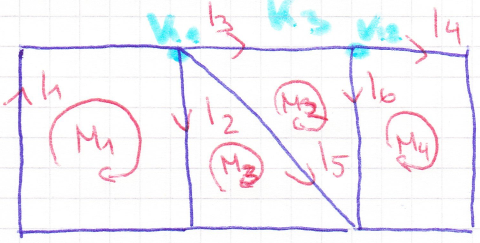
$$\Rightarrow I_5 = \frac{U_5}{R_5} = \underline{\underline{2.86\,\mu A}}$$

$\Rightarrow$ man siehe: I_5 ist tatsächlich winzig!

3.) Berechne den Strom durch R_c.



=> Umfangreiches Netzwerk => Netzwerkgraph.



6 Zweige -> 6 linear unabhängige ~~Knoten~~ Gleichungen

3 Knoten -> 2 lin. unabh. Knotengleichungen

$6-2=4$ lin. unabh. Maschengleichungen.

$$
\left.
\begin{array}{ll}
K_1: & I_1 - I_2 - I_3 - I_5 = 0 \\
K_2: & I_3 - I_4 - I_6 = 0 \\
M_1: & I_1 R_1 + I_2(R_2+R_3) = V_1 \\
M_2: & I_3 R_4 - I_5 R_5 + I_6 R_6 = 0 \\
M_3: & -I_2(R_2+R_3) + I_5 R_5 = 0 \\
M_4: & I_4 R_c - I_6 R_6 = 0
\end{array}
\right\}
$$

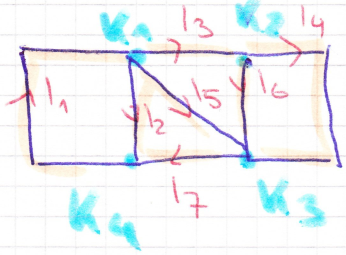
TR: solve system of linear equations.

Bemerkung: • Knotengleichungen sind immer linear unabh. wenn einer weggelassen wird, ausser wir haben einen Bekannten Strom, dann muss ein Knoten weggelassen werden, wo dieser bekannte Strom vorkommt.

• Bei Maschengleichung einfach innerste (kleinste) Masche nehmen, und das "Prinzip. ~~A~~uftrennung der Maschen" ist automatisch erfüllt.

Bemerkung 2: Man könnte K_3 auch in zwei Knoten zerlegen, falls der Strom dazwischen gesucht ist.

=>



=> dann muss aber I_7 eingeführt werden.

↳ 7 Zweige -> 7 lin. unabh. Gleichungen

4 Knoten -> 3 . . . .

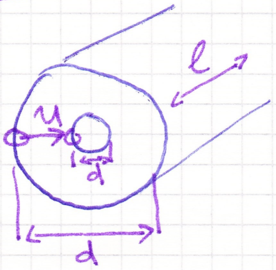
~~6~~ $7-4=3$ linear un. Gleichungen

↳ Immernoch lösbares System!

-> Ich ~~hab~~ habe gesehen, dass ihn der NUS Serie, so ein Zwischenstrom berechnet werden muss. Durch, das einführen solcher ~~Kno~~ zusätzlicher Knoten geht das.

↳ Doch allgemein: weniger Knoten => weniger Zweige => weniger Gleichungen

4 | Hochspannungszylinder Kondensator



→ von Zusammenfassung: $\vec{E}(r) = \frac{\pm Q}{2\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 r l} \cdot \vec{e}_r$

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 l}{\ln(D/d)} \text{ - oder } \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)$$

$$U = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r l} \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right)$$

1.) Spannungspfeil von aussen nach innen:

↳ $\vec{E}(r) = \frac{-Q}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r l} \cdot \vec{e}_r$

Betragsstriche

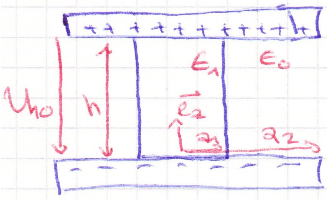
2.) E ist maximal auf innenseite: → $E_{max} = |E(d/2)| = \frac{Q}{\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 d l}$

3.) → wir kennen Q nicht, wollen es auch nicht berechnen, also versuchen wir es zu eliminieren.

↳ $Q = C \cdot U \rightarrow E_{max} = \frac{C \cdot U_{max}}{\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 l d} \Leftrightarrow d = \frac{C \cdot U_{max}}{\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 l E_{max}} = \underline{\underline{55.9\,mm}}$

4.) $C = \frac{2\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 l}{\ln(D/d)} \Leftrightarrow \ln\left(\frac{D}{d}\right) = \frac{2\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 l}{C} \Leftrightarrow D = d \cdot \exp\left[\frac{2\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 l}{C}\right] = \underline{\underline{128.8\,mm}}$

5. | Kapazitätsberechnung



a) Bestimme $\vec{E}(U_{10})$ in $0 < \rho < a_2$.

↳ zsfg Plattenkondensator: $\vec{E} = -\frac{U_{10}}{h} \cdot \vec{e}_z$

negativ da U_{10} gegen $\vec{e}_z$ zeigt.

b) Bestimme $D(U_{10})$ in $0 < \rho < a_2$

↳ $D = \varepsilon \cdot E \rightarrow \vec{D} = \begin{cases} -\frac{\varepsilon_1 U_{10}}{h} \cdot \vec{e}_z, & 0 < \rho \leq a_1 \\ -\frac{\varepsilon_0 U_{10}}{h} \cdot \vec{e}_z & a_1 < \rho < a_2 \end{cases}$

⇒ Bemerkung: Vergesst Richtungsvektoren nicht in der Lösung, wenn $\vec{E}$ gesucht ist.

c) Ladung auf unterseite der oberen Platte:

⇒ zsfg: $Q = \oint_A \underbrace{\vec{D}\,d\vec{A} = D \cdot A}_{} = \frac{\varepsilon_1 U_{10}}{h} \cdot a_1^2\pi + \frac{\varepsilon_0 U_{10}}{h} \cdot \underbrace{(a_2^2 - a_1^2)\pi}_{A_2 - A_1}$

erinnerung: weil D senkrecht zur Integrationsfläche

ev. Vereinfachen: $Q = \frac{\pi U_{10}}{h} \left[\varepsilon_1 a_1^2 + \varepsilon_0(a_2^2 - a_1^2)\right]$

d) Kapazität der Anordnung: $\Rightarrow$ Plattenkondensator: $C = \frac{Q}{U_{10}} = \frac{\pi}{h}\left(\epsilon_1 a_1^2 + \epsilon_0 (a_2^2 - a_1^2)\right)$

e) Bestimme die Energieänderung ΔW_e, wenn $U_{10} = \text{konst}$ und der dielektrische Zylinder mit radius a_1 weggenommen wird.

$\rightarrow$ neue Kapazität: $C_2 = \frac{\epsilon_0}{h} A = \frac{\epsilon_0}{h} \pi a_2^2$

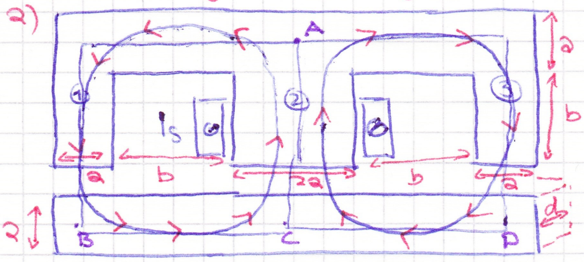
$$\rightarrow \Delta W_e = \frac{1}{2} C_2 U_{10}^2 - \frac{1}{2} C U_{10}^2 = \frac{U_{10}^2}{2h} \pi \cdot \left[\epsilon_0 a_2^2 - \left(\epsilon_1 a_1^2 + \epsilon_0 (a_2^2 - a_1^2)\right)\right]$$

$$= \frac{U_{10}^2}{2h} \pi \underbrace{\left(-\left(\epsilon_1 a_1^2 - \epsilon_0 a_1^2\right)\right)}_{} = \underline{\underline{\frac{U_{10}^2}{2h} \pi \cdot a_1^2 (\epsilon_0 - \epsilon_1)}}$$

nicht zu viel im Kopf rechnen bei solchen Sachen $\rightarrow$ Fehleranfällig.

$\rightarrow$ zusätzliches Wissen: meisstens $\epsilon_r > 1 \Rightarrow \epsilon_1 > \epsilon_0$ und die Energieänderung ist negativ.

6.) a) * Für aufgabenstellung, siehe PVK Prüfungskatalog.



1.) Flussrichtung anhand von Strom & Rechtehandregel bestimmt.

Bemerkung: Die Annahme, dass die Flussdichte gesättigt is (siehe Musterlösung), wird in allen Aufgaben immer gelten.

$\hookrightarrow B_S = B_1 = B_2 = B_3$

$$\Rightarrow F_A = F_1 + F_2 + F_3 = \frac{A_1 B_S^2}{2\mu_0} + \frac{A_2 B_S^2}{2\mu_0} + \frac{A_3 B_S^2}{2\mu_0} = 4ad \cdot \frac{B_S^2}{2\mu_0} = \frac{2ad B_S^2}{\mu_0}$$

$$\hookrightarrow B_S = \sqrt{\frac{F_A \mu_0}{2ad}} = \sqrt{\frac{150\,\text{N} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}\,\text{Vs/Am}}{2 \cdot 0.02\,\text{m} \cdot 0.05\,\text{m}}} = \underline{\underline{307.0\,\text{mT}}}$$

b) zsfg. Suche Verbindung zwischen I und B $\Rightarrow$ Durchflutungsgesetz.

$$\Rightarrow N \cdot I = \oint \sum_k H_k \cdot l_k = \sum_k \frac{B_k}{\mu_k} \cdot l_k = \frac{B_S}{\mu_0}\left[\frac{a + b + \frac{a}{2} + \frac{a}{2} + b}{\mu_{ra}} + \delta + \frac{\frac{a}{2} + \frac{a}{2} + b + a + \frac{a}{2}}{\mu_{ra}} + \delta + \frac{b + a/2}{\mu_{ra}}\right]$$

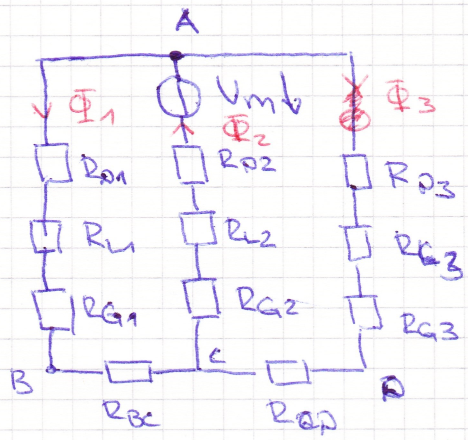
$$\Rightarrow I = \frac{B_S}{N \cdot \mu_0} \cdot \left[\frac{3b + 5/2 \cdot a}{\mu_{ra}} + 2\delta + \frac{b + 5/2 \cdot a}{\mu_{ra}}\right]$$

// Integrationsweg: ABCA

$= \underline{\underline{211{,}3\,\text{mA}}}$

c) Flussdichte bleibt gleich, Kraft verdoppelt sich.

d)



• Bemerkung: Es ist egal wo ihr die Spannungsquelle hintut, solange sich die Maschengleichungen nicht ändern

↳ V_m kann überall zwischen A/C sein.

↳ nicht vergessen, es handelt sich hier nur um ein Modell.

$\Rightarrow V_m = N \cdot I_s = 211.3\ A$, $R_m = \frac{l}{\mu A} \Rightarrow$

• $R_{D1} = R_{D3} = \frac{2b + 2a}{\mu_0 \mu_D \cdot a \cdot d} = 79.6 \cdot 10^3\ H^{-1}$

• $R_{D2} = \frac{b + a/2}{\mu_0 \mu_D \cdot 2ad} = 17.9 \cdot 10^3\ H^{-1}$

• $R_{L1} = R_{L3} = \frac{\delta}{\mu_0 ad} = 79.6 \cdot 10^3\ H^{-1}$

• $R_{L2} = \frac{\delta}{\mu_0 \cdot 2ad} = 39.8 \cdot 10^3\ H^{-1}$

• $R_{G1} = R_{G3} = \frac{a/2}{\mu_0 \mu_G \cdot ad} = 31.8 \cdot 10^3\ H^{-1}$

• $R_{G2} = \frac{a/2}{\mu_0 \mu_G 2ad} = 15.9 \cdot 10^3\ H^{-1}$

• $R_{BC} = R_{CD} = \frac{b + 3a/2}{\mu_0 \mu_G ad} = 350.1 \cdot 10^3\ H^{-1}$

$\Phi_1 = \Phi_3 = \iint_A \vec{B_s} d\vec{A} = B_s \cdot A = B_s \cdot a \cdot d = 3.07 \cdot 10^{-4}\ Wb \Rightarrow \Phi_2 = \Phi_1 + \Phi_3 = 6.14 \cdot 10^{-4}\ Wb$

$\Rightarrow V_{AD} = \Phi_3 \cdot (R_{D3} + R_{L3} + R_{G3}) = \underline{\underline{58.7\ A}}$ // Achtung, Musterlösung geht hier den anderen Weg entlang.

$V_{BD} = \Phi_1 R_{BC} - \Phi_3 R_{CD} = 0$ // Macht Sinn, wenn man Symmetrie betrachtet

f) $L = \frac{\Psi}{I_s} = \frac{N \Phi_2}{I_s} = \underline{\underline{2.9\ H}}$

g) wir wollen $\Phi_1^* = -\Phi_1$, $\Phi_3^* = -\Phi_3$ → Wicklungen gleich wie Hauptwicklung angeordnet sein, um einen ~~Strom~~ Fluss nach oben zu induzieren.

$(F_A = \frac{B_s^2}{2\mu_0} A)$

$\Rightarrow \Phi = B_s \cdot A$ → gleich grosser Strom

↳ $\underline{\underline{I_s^* = I_s}}$