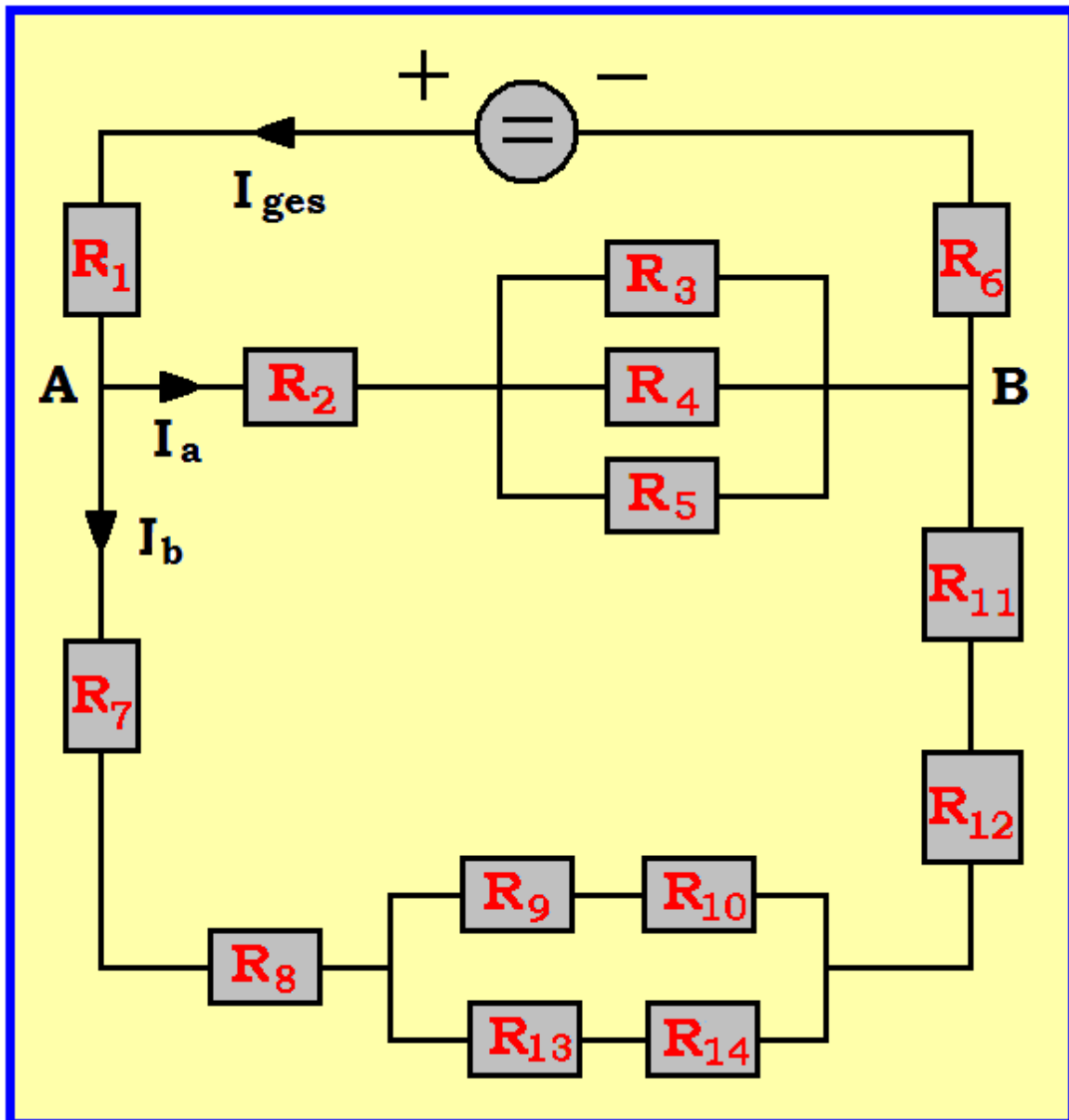


Ü b u n g s a r b e i t

Elektrische Schaltungen

Aufgabe 1



Fortsetzung von Aufgabe 1

An der Stromquelle liegt die Gesamtspannung $U_{\text{ges}} = 220 \text{ V}$ an.

Die einzelnen Widerstände der Schaltung haben folgende Größen:

$$R_1 = 11 \Omega, \quad R_2 = 14 \Omega, \quad R_3 = 40 \Omega, \quad R_4 = 60 \Omega, \quad R_5 = 48 \Omega,$$

$$R_6 = 19 \Omega, \quad R_7 = 32 \Omega, \quad R_8 = 46 \Omega, \quad R_9 = 25 \Omega, \quad R_{10} = 55 \Omega,$$

$$R_{11} = 20 \Omega, \quad R_{12} = 12 \Omega, \quad R_{13} = 50 \Omega, \quad R_{14} = 30 \Omega.$$

Berechne: R_{ges} , I_{ges} , I_a , I_b , U_1 , U_{AB} , U_{12} , U_6 , U_{14} .

Wähle zur Berechnung dieser Größen eine sinnvolle Reihenfolge.

Aufgabe 2

Die Widerstände $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 40 \Omega$, $R_3 = 60 \Omega$ und $R_4 = 180 \Omega$ sollen so geschaltet werden, dass man folgende Gesamtwiderstände erhält:

a) $R_{\text{ges}} = 224 \Omega$ b) $R_{\text{ges}} = 118 \Omega$ c) $R_{\text{ges}} = 42 \Omega$ d) $R_{\text{ges}} = 48 \Omega$

Fertige zu jeder Teilaufgabe eine Schaltskizze der Widerstände an und berechne dann jeweils den Gesamtwiderstand.

Aufgabe 3

Das Messwerk eines Drehspulinstruments trägt die Aufschrift: $400 \mu\text{A}$, 80 mV

a) Berechne den Messwerkwiderstand R_M des Drehspulinstruments.

Mit diesem Gerät soll bei Zeigervollausschlag

b) die Stromstärke 5 A -

c) die Spannung 250 V gemessen werden.

Berechne die Größe der Widerstände, die zum Messwerk hinzugeschaltet werden und gib jeweils an, ob es sich dabei um eine Parallel- oder um eine Serienschaltung handelt.

Bestimme außerdem den Gesamtwiderstand des Messgerätes, wenn es als Amperemeter- und wenn es als Voltmeter betrieben wird.

Um wieviel Prozent weicht der Gesamtwiderstand des Voltmeters von dem zum Messwerk hinzugeschalteten Widerstand ab ?

Aufgabe 4

Der Kupferdraht einer Spule hat die Querschnittsfläche $A = 0,25 \text{ mm}^2$.

Der mittlere Windungsradius der Spule beträgt $r = 8 \text{ cm}$.

Die Spule hat den Widerstand $R = 150 \Omega$.

Der spezifische Widerstand von Kupfer ist $\rho_{\text{Cu}} = 0,017 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$.

Berechne die Windungszahl der Spule. Runde auf volle Windungen.



L ö s u n g e n

zu Aufgabe 1

Berechnung des Gesamtwiderstandes

Zusammenfassung der in Serie geschalteten Widerstände

$$\begin{aligned}R_{1,6} &= R_1 + R_6 = 11 \Omega + 19 \Omega = 30 \Omega \\R_{7,8,11,12} &= R_7 + R_8 + R_{11} + R_{12} = 32 \Omega + 46 \Omega + 20 \Omega + 12 \Omega = 110 \Omega \\R_{9,10} &= R_9 + R_{10} = 25 \Omega + 55 \Omega = 80 \Omega \\R_{13,14} &= R_{13} + R_{14} = 50 \Omega + 30 \Omega = 80 \Omega\end{aligned}$$

Zusammenfassung der parallel geschalteten Widerstände bzw. Ersatzwiderstände

$$\begin{aligned}R_{3,4,5} &= \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{40 \Omega} + \frac{1}{60 \Omega} + \frac{1}{48 \Omega} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{0,0625 \Omega} \right)^{-1} \\&= 16 \Omega \\R_{9,10,13,14} &= \frac{R_{9,10} \cdot R_{13,14}}{R_{9,10} + R_{13,14}} = \frac{80 \Omega \cdot 80 \Omega}{80 \Omega + 80 \Omega} = 40 \Omega\end{aligned}$$

Zusammenfassung der in Serie geschalteten Ersatzwiderstände

$$\begin{aligned}R_{2,3,4,5} &= R_2 + R_{3,4,5} = 14 \Omega + 16 \Omega = 30 \Omega \\R_{7,8,9,10,11,12,13,14} &= R_{7,8,11,12} + R_{9,10,13,14} = 110 \Omega + 40 \Omega = 150 \Omega := R_x\end{aligned}$$

Zusammenfassung der parallel geschalteten Ersatzwiderstände

$$R_{2,3,4,5,x} = \frac{R_{2,3,4,5} \cdot R_x}{R_{2,3,4,5} + R_x} = \frac{30 \Omega \cdot 150 \Omega}{30 \Omega + 150 \Omega} = 25 \Omega := R_y$$

Zusammenfassung der in Serie geschalteten Ersatzwiderstände

$$R_{\text{ges}} = R_{1,6} + R_y = 30 \Omega + 25 \Omega = 55 \Omega$$

Die Schaltung hat den Gesamtwiderstand $R_{\text{ges}} = 55 \Omega$.



Fortsetzung von Aufgabe 1

$$I_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{ges}}}{R_{\text{ges}}} = \frac{220 \text{ V}}{55 \Omega} = 4 \text{ A}$$

Die Gesamtstromstärke beträgt $I_{\text{ges}} = 4 \text{ A}$.

$$U_1 = R_1 \cdot I_{\text{ges}} = 11 \Omega \cdot 4 \text{ A} = 44 \text{ V}$$

Am Widerstand R_1 liegt die Spannung $U_1 = 44 \text{ V}$.

$$U_6 = R_6 \cdot I_{\text{ges}} = 19 \Omega \cdot 4 \text{ A} = 76 \text{ V}$$

Am Widerstand R_6 liegt die Spannung $U_6 = 76 \text{ V}$.

$$U_{\text{AB}} = U_{\text{ges}} - U_1 - U_6 = 220 \text{ V} - 44 \text{ V} - 76 \text{ V} = 100 \text{ V}$$

Zwischen Den Punkten A und B liegt die Spannung $U_{\text{AB}} = 100 \text{ V}$.

$$I_a = \frac{U_{\text{AB}}}{R_{2,3,4,5}} = \frac{100 \text{ V}}{30 \Omega} = 3\frac{1}{3} \text{ A}$$

Die Stromstärke I_a beträgt $I_a = 3\frac{1}{3} \text{ A}$.

$$I_b = I_{\text{ges}} - I_a = 4 \text{ A} - 3\frac{1}{3} \text{ A} = \frac{2}{3} \text{ A}$$

Die Stromstärke I_b beträgt $I_b = \frac{2}{3} \text{ A}$.

$$U_{12} = R_{12} \cdot I_b = 12 \Omega \cdot \frac{2}{3} \text{ A} = 8 \text{ V}$$

Am Widerstand R_{12} liegt die Spannung $U_{12} = 8 \text{ V}$.

Da $R_{9,10} = R_{13,14} = 80 \Omega$ gilt, teilt sich die Stromstärke $I_b = \frac{2}{3} \text{ A}$ hinter dem

Widerstand R_8 in zwei gleich große Teilströme $I_{9,10} = \frac{1}{3} \text{ A}$ und $I_{13,14} = \frac{1}{3} \text{ A}$.

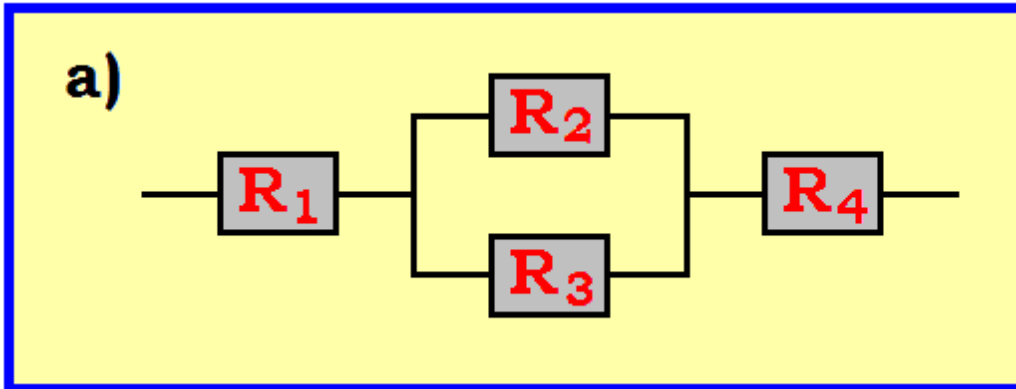
Folglich gilt für die Spannung U_{14} :

$$U_{14} = R_{14} \cdot I_{13,14} = 30 \Omega \cdot \frac{1}{3} \text{ A} = 10 \text{ V}$$

Am Widerstand R_{14} liegt die Spannung $U_{14} = 10 \text{ V}$.



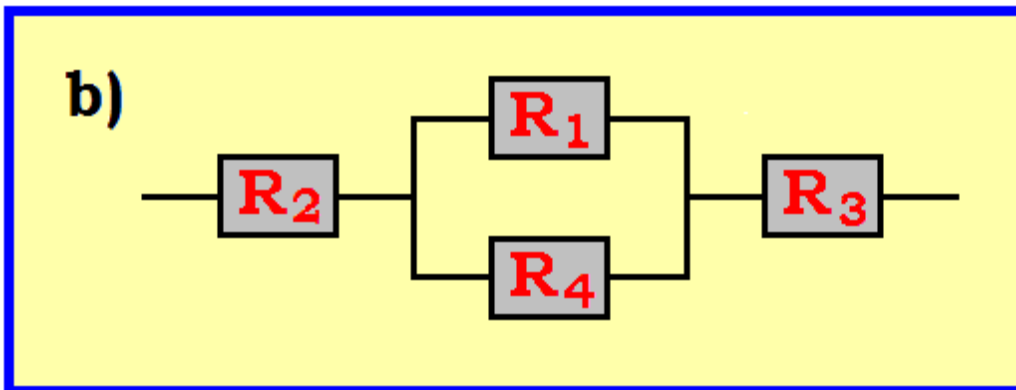
Aufgabe 2 a



$$R_{\text{ges}} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} + R_4 = 20 \, \Omega + \frac{40 \, \Omega \cdot 60 \, \Omega}{40 \, \Omega + 60 \, \Omega} + 180 \, \Omega = 224 \, \Omega$$

Die Schaltung hat den Gesamtwiderstand $R_{\text{ges}} = 224 \, \Omega$.

Aufgabe 2 b

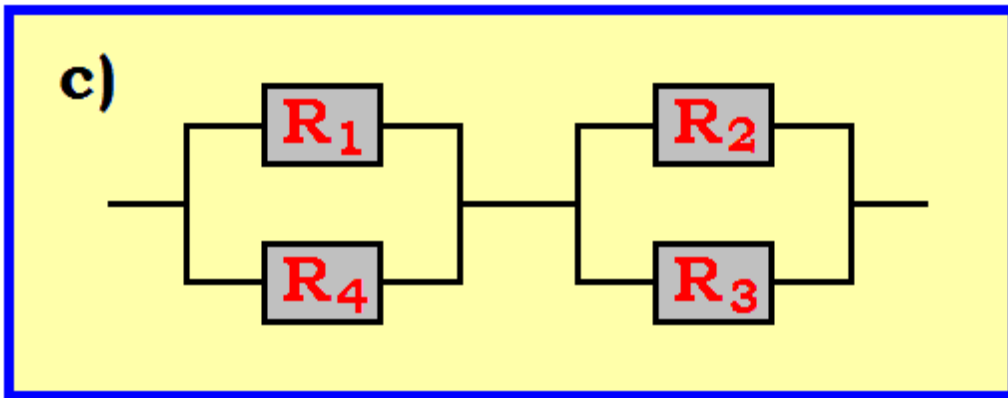


$$R_{\text{ges}} = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_1 + R_4} + R_2 + R_3 = \frac{20 \, \Omega \cdot 180 \, \Omega}{20 \, \Omega + 180 \, \Omega} + 40 \, \Omega + 60 \, \Omega = 118 \, \Omega$$

Die Schaltung hat den Gesamtwiderstand $R_{\text{ges}} = 118 \, \Omega$.



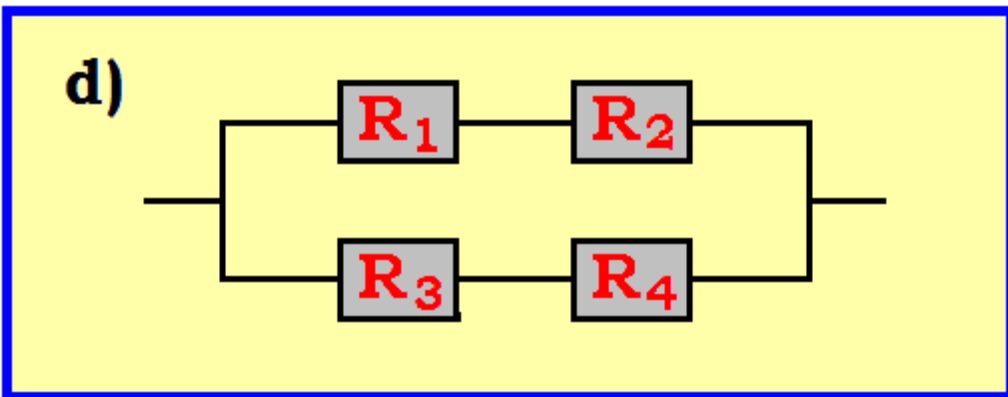
Aufgabe 2 c



$$R_{\text{ges}} = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_1 + R_4} + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{20 \Omega \cdot 180 \Omega}{20 \Omega + 180 \Omega} + \frac{40 \Omega \cdot 60 \Omega}{40 \Omega + 60 \Omega} = 42 \Omega$$

Die Schaltung hat den Gesamtwiderstand $R_{\text{ges}} = 42 \Omega$.

Aufgabe 2 d



$$\begin{aligned} R_{\text{ges}} &= \frac{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{(20 \Omega + 40 \Omega) \cdot (60 \Omega + 180 \Omega)}{20 \Omega + 40 \Omega + 60 \Omega + 180 \Omega} \\ &= \frac{60 \Omega \cdot 240 \Omega}{300 \Omega} = \frac{14400 \Omega^2}{300 \Omega} = 48 \Omega \end{aligned}$$

Die Schaltung hat den Gesamtwiderstand $R_{\text{ges}} = 48 \Omega$.

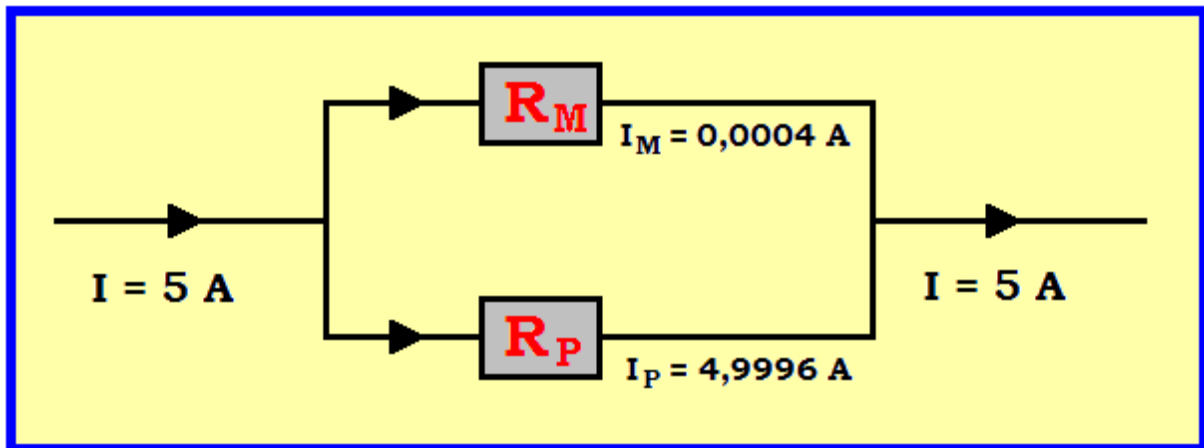


Aufgabe 3 a

$$R_M = \frac{U_M}{I_M} = \frac{80 \text{ mV}}{400 \mu \text{ A}} = \frac{0,08 \text{ V}}{0,0004 \text{ A}} = 200 \Omega$$

Das Messwerk des Drehspulinstruments hat den Widerstand $R_M = 200 \Omega$.

Aufgabe 3 b



Zum Messwerk muss der Widerstand R_P parallel geschaltet werden. Die Größe von R_P ist so zu wählen, dass durch R_P ein Strom der Stärke $I_P = I - I_M = 5 \text{ A} - 0,0004 \text{ A} = 4,9996 \text{ A}$ hindurchfließt. Es gilt:

$$\frac{R_P}{R_M} = \frac{I_M}{I_P} \Leftrightarrow$$

$$R_P = \frac{I_M}{I_P} \cdot R_M = \frac{0,0004 \text{ A}}{4,9996 \text{ A}} \cdot 200 \Omega = \frac{200}{12499} \Omega \approx 0,016 \Omega$$

Zum Messwerk wird der Widerstand $R_P = 0,016 \Omega$ parallel geschaltet.

Berechnung des Gesamtwiderstandes R_{ges} des Amperemeters

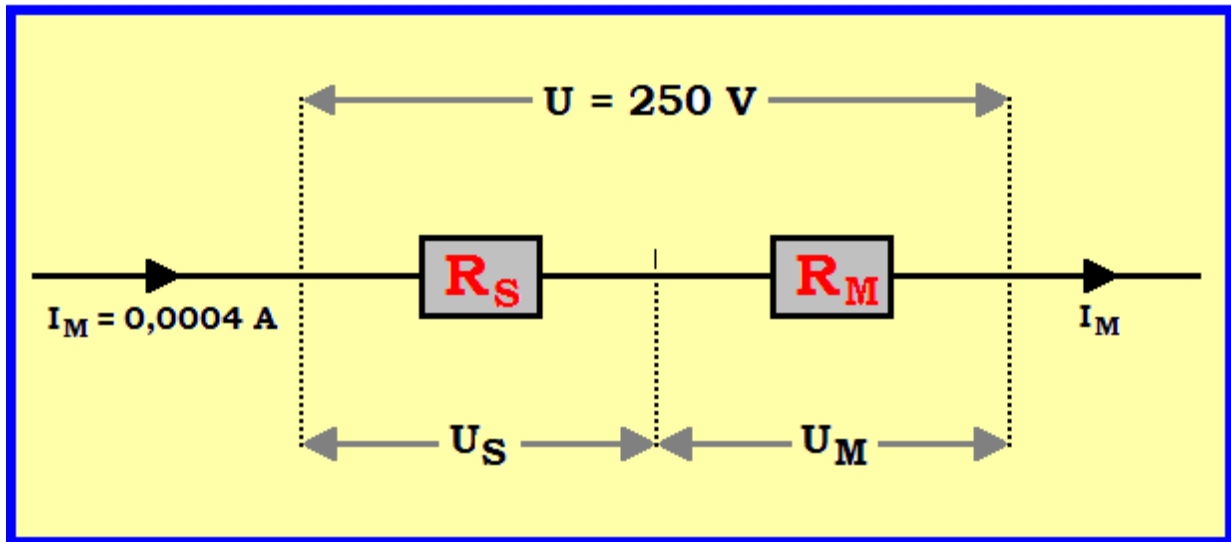
$$R_{\text{ges}} = \frac{R_M \cdot R_P}{R_M + R_P} = \frac{200 \Omega \cdot \frac{200}{12499} \Omega}{200 \Omega + \frac{200}{12499} \Omega} = 0,0016 \Omega$$

Da der parallel geschaltete Widerstand R_P sehr viel kleiner ist als der Messwerkwiderstand R_M , ist der Gesamtwiderstand des Amperemeters R_{ges} mit dem Widerstand R_P praktisch identisch.

Das Amperemeter hat den Gesamtwiderstand $R_{\text{ges}} = 0,016 \Omega$.



Aufgabe 3 c



$$U_S = U - U_M = 250 \text{ V} - 80 \text{ mV} = 250 \text{ V} - 0,08 \text{ V} = 249,92 \text{ V}$$

Zum Messwerk muss der Widerstand R_S in Serie geschaltet werden.
Die Größe von R_S ist so zu wählen, dass an ihm bei der Stromstärke $I_M = 0,0004 \text{ A}$ die Spannung $U_S = 249,92 \text{ V}$ abfällt.

$$\frac{R_S}{R_M} = \frac{U_S}{U_M} \Leftrightarrow R_S = \frac{U_S}{U_M} \cdot R_M = \frac{249,92 \text{ V}}{0,08 \text{ V}} \cdot 200 \Omega = 624800 \Omega$$

Zum Messwerk des Voltmeters muss der Widerstand $R_S = \underline{\underline{624800 \Omega}}$ in Serie geschaltet werden.

$$R_{\text{ges}} = R_S + R_M = 624800 \Omega + 200 \Omega = 625000 \Omega = 625 \text{ k}\Omega$$

Der Gesamtwiderstand des Voltmeters beträgt $R_{\text{ges}} = \underline{\underline{625 \text{ k}\Omega}}$.

$$648000 \Omega \text{ j } 100 \% \Rightarrow 6480 \Omega \text{ j } 1 \% \Rightarrow 650000 \Omega \text{ j } \frac{650000}{6480} \% \approx 100,31 \%$$

Der Gesamtwiderstand des Voltmeters R_{ges} ist um $\underline{\underline{0,31 \%}}$ größer als der in Serie hinzu geschaltete Widerstand R_S .



Aufgabe 4

Für den ohmschen Widerstand der Spule gilt:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \Leftrightarrow l = \frac{R \cdot A}{\rho} = \frac{150 \, \Omega \cdot 0,25 \, \text{mm}^2}{0,017 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}} \approx 2205,882 \, \text{m}$$

$$l = 2 \pi r n \Leftrightarrow n = \frac{l}{2 \pi r} = \frac{2205,882 \, \text{m}}{2 \pi \cdot 0,08 \, \text{m}} \approx 4388$$

Die Windungszahl der Spule beträgt n = 4388.



IMMER COOL BLEIBEN!
PHYSIK IST DOCH GANZ EASY!

