

# Komplexe Widerstände

## Aufgabenstellung

Ermitteln der Komponenten von Wechselstrom-Widerstände in verschiedenen Schaltungen

## Vorgaben

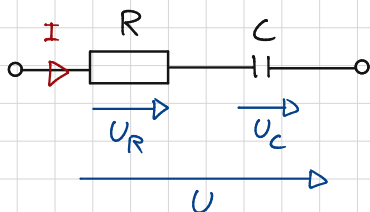
$$R = 318 \Omega \quad f = 50 \text{ Hz}$$

$$C_1 = 10 \mu\text{F}$$

$U \rightarrow$  wird anhand der zur Verfügung stehenden Bauteile abgeschätzt

## Messung von $R$ und $C_1$ in Serie

### Schaltplan



### Abschätzung der Quellspannung

$$I_{\max} = 0,06 \text{ A} \quad \text{max. 50 VDC Peak Tech}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C_1} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 318,3 \Omega$$

$$Z = \sqrt{X_C^2 + R^2} = \sqrt{318,3^2 + 318^2} = 500 \Omega$$

$$U = Z \cdot I_{\max} = 500 \cdot 0,06 = \underline{30 \text{ V}}$$

### Messwerte

$N_r$	$I$	$U$	$U_R$	$U_C$
1	55,5 mA	34,8 V	17,7 V	17,3 V

Berechnung der Kapazität anhand der Messwerte und Vergleich zur eingestellten Kapazität

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{34,8}{55,5 \cdot 10^{-3}} = 627 \Omega$$

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{17,7}{55,5 \cdot 10^{-3}} = 318,91 \Omega$$

$$X_C = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{627^2 - 318,9^2} = 539,84 \Omega$$

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 539,84} = \underline{5,9 \mu F}$$

 Eingestellt:  $C = 10 \mu F$ 
Berechnungen der Leistungen

$$P = U_R \cdot I = 17,7 \cdot 55,5 \cdot 10^{-3} = \underline{0,982 W}$$

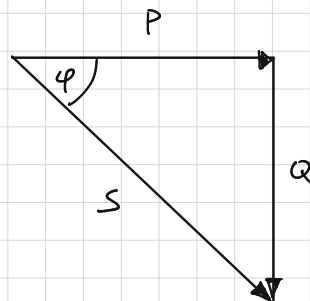
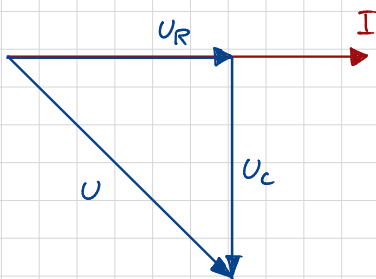
$$Q = U_C \cdot I = 17,3 \cdot 55,5 \cdot 10^{-3} = \underline{0,960 var}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{0,982^2 + 0,960^2} = \underline{1,373 VA}$$

$$\varphi = \arccos\left(\frac{P}{S}\right) = \arccos\left(\frac{0,982}{1,373}\right) = \underline{44,3^\circ}$$

Rechentabelle:

Nr	P	Q	S	$\varphi$
1	0,982 W	0,960 var	1,373 VA	44,3°

ZeigerdiagrammeMaßstab:

$$1 mA \hat{=} 0,1 cm$$

$$1 V \hat{=} 0,2 cm$$

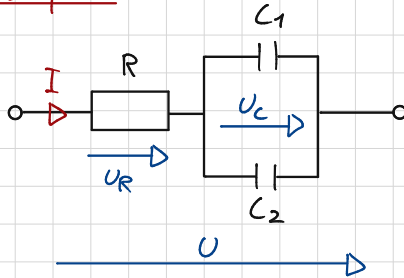
$$1 W \hat{=} 4 cm$$

$$1 var \hat{=} 4 cm$$

$$1 VA \hat{=} 4 cm$$

# Messung mit R und $C_1 // C_2$ in Reihe

## Schaltplan



$$C_2 = C_1 = 10 \mu\text{F}$$

$$C = C_1 + C_2 = 20 \mu\text{F}$$

## Abschätzen der Quellspannung

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 159,15 \Omega$$

$$Z = \sqrt{X_C^2 + R^2} = \sqrt{159,15^2 + 318^2} = 355,6 \Omega$$

$$U = I_{\text{max}} \cdot Z = 0,06 \cdot 355,5 = \underline{21,33 \text{ V}}$$

## Messwerte

$N_r$	I	U	$U_R$	$U_C$
2	59 mA	21 V	18,8 V	9,15 V

## Berechnung der Kapazität anhand der Messwerte und Vergleich zur eingestellten Kapazität

$$X_C = \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - \left(\frac{U_R}{I}\right)^2} = \sqrt{\frac{21^2}{59 \cdot 10^{-3}} - \frac{18,8^2}{59 \cdot 10^{-3}}} = 159 \Omega$$

$$C = \frac{1}{X_C \cdot \omega} = \frac{1}{159 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50} = \underline{20 \mu\text{F}}$$

Eingestellt:  $C = 20 \mu\text{F}$

Berechnung der Leistungen

$$P = U_R \cdot I = 18,8 \cdot 59 \cdot 10^{-3} = \underline{1,109 \text{ W}}$$

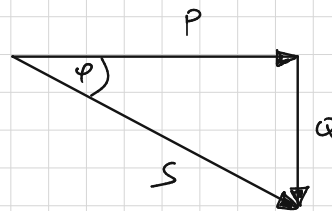
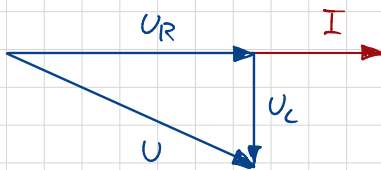
$$Q = U_L \cdot I = 9,15 \cdot 59 \cdot 10^{-3} = \underline{0,540 \text{ var}}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{1,109^2 + 0,540^2} = \underline{1,233 \text{ VA}}$$

$$\varphi = \arccos\left(\frac{P}{S}\right) = \arccos\left(\frac{1,109}{1,233}\right) = \underline{25,96^\circ}$$

Rechentabelle

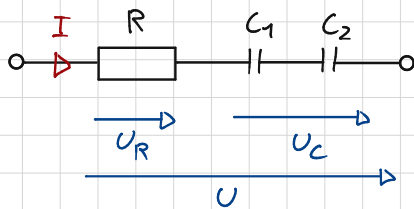
$N_r$	$P$	$Q$	$S$	$\varphi$
2	0,982 W	0,960 var	1,37 VA	44,3°

ZeigerdiagrammeMaßstab:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mA} &\hat{=} 0,1 \text{ cm} \\ 1 \text{ V} &\hat{=} 0,2 \text{ cm} \\ 1 \text{ W} &\hat{=} 4 \text{ cm} \\ 1 \text{ var} &\hat{=} 4 \text{ cm} \\ 1 \text{ VA} &\hat{=} 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

# Messung mit $R$ , $C_1$ und $C_2$ in Reihe

## Schaltplan



$$C_1 = C_2 = 10 \mu\text{F}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = 0,2$$

$$C = \frac{1}{0,2} = 5 \mu\text{F}$$

## Abschätzung der Quellspannung

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 636,6 \Omega$$

$$Z = \sqrt{X_C^2 + R^2} = \sqrt{636,6^2 + 318^2} = 711,6 \Omega$$

$$U = I_{\text{max}} \cdot Z = 0,06 \cdot 711,6 = \underline{42,7 \text{ V}}$$

## Messwerte

Nr	I	U	$U_R$	$U_C$
3	60 mA	42 V	19 V	37 V

## Berechnung der Kapazität anhand der Messwerte und Vergleich zur eingestellten Kapazität

$$X_C = \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - \left(\frac{U_R}{I}\right)^2} = \sqrt{\frac{24^2}{60 \cdot 10^{-3}} - \frac{19^2}{60 \cdot 10^{-3}}} = 768,3 \Omega$$

$$C = \frac{1}{X_C \cdot \omega} = \frac{1}{768,3 \cdot 2\pi \cdot 50} = \underline{4,1 \mu\text{F}}$$

Eingestellt:  $C = 5 \mu\text{F}$

## Berechnung der Leistungen

$$P = U_R \cdot I = 19 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = \underline{1,14 \text{ W}}$$

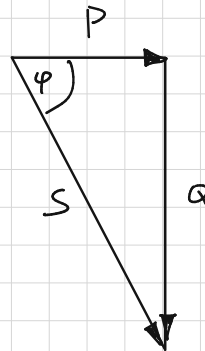
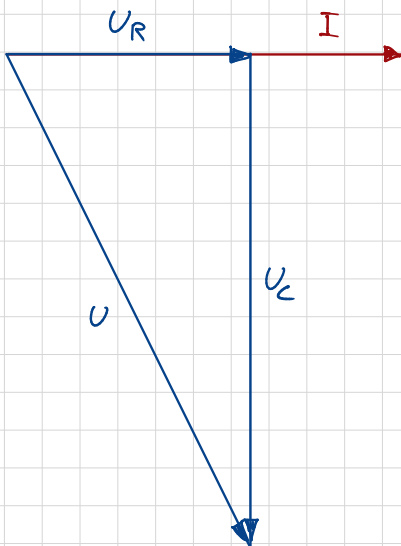
$$Q = U_C \cdot I = 37 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = \underline{2,22 \text{ var}}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{1,14^2 + 2,22^2} = \underline{2,5 \text{ VA}}$$

$$\varphi = \arccos\left(\frac{P}{S}\right) = \arccos\left(\frac{1,14}{2,5}\right) = \underline{62,8^\circ}$$

Rechentabelle

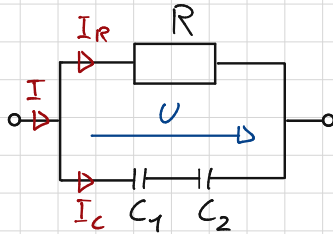
$N_r$	$P$	$Q$	$S$	$\varphi$
3	1,14 W	2,22 var	2,52 VA	62,8°

ZeigerdiagrammeMaßstab:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ mA} &\hat{=} 0,1 \text{ cm} \\
 1 \text{ V} &\hat{=} 0,2 \text{ cm} \\
 1 \text{ W} &\hat{=} 4 \text{ cm} \\
 1 \text{ var} &\hat{=} 4 \text{ cm} \\
 1 \text{ VA} &\hat{=} 4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

# Messung mit R und $C_1 + C_2$ parallel

## Schaltplan



$$C_1 = C_2 = 10 \mu\text{F}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = 0,2 \quad C = \frac{1}{0,2} = 0,5 \mu\text{F}$$

## Abschätzung der Quellspannung

$$Y = \frac{1}{R} + \frac{1}{X_C} = G + \omega \cdot C$$

$$G = \frac{1}{R}$$

$$Y = \sqrt{G^2 + (\omega \cdot C)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{318}\right)^2 + (2\pi \cdot 50 \cdot 5 \cdot 10^{-6})^2} = 0,003515$$

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{0,0035} = 284,483 \Omega$$

$$U = I_{\max} \cdot Z = 0,06 \cdot 284,483 = \underline{17,1 \text{ V}}$$

## Messwerte

Nr	I	U	IR	IC
4	60 mA	16,3 V	40,5 mA	40,2 mA

## Berechnung der Kapazität anhand der Messwerte und Vergleich zur eingestellten Kapazität

$$Y = \sqrt{G^2 + (\omega \cdot C)^2}$$

$$\frac{I^2}{U} = \frac{I_R^2}{U} + (\omega \cdot C)^2$$

$$C = \frac{\sqrt{\left(\frac{I}{U}\right)^2 - \left(\frac{I_R}{U}\right)^2}}{\omega} = \frac{\sqrt{\left(\frac{60 \cdot 10^{-3}}{16,3}\right)^2 - \left(\frac{40,5 \cdot 10^{-3}}{16,3}\right)^2}}{2\pi \cdot 50} = \underline{8,6 \mu\text{F}}$$

$$\text{Eingestellt: } C = 5 \mu\text{F}$$

Berechnung der Leistungen

$$P = U \cdot I_R = 16,3 \cdot 40,5 \cdot 10^{-3} = \underline{0,66W}$$

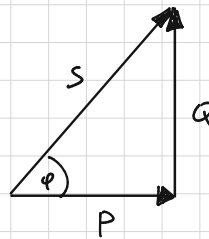
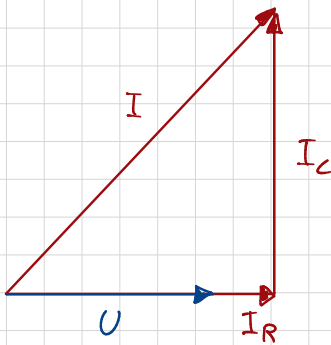
$$Q = U \cdot I_L = 16,3 \cdot 42,5 \cdot 10^{-3} = \underline{0,688var}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{0,66^2 + 0,688^2} = \underline{0,95VA}$$

$$\varphi = \arccos\left(\frac{P}{S}\right) = \arccos\left(\frac{0,66}{0,95}\right) = \underline{46,2^\circ}$$

Rechentabelle

Nr	P	Q	S	$\varphi$
4	0,66W	0,688var	0,95VA	46,2°

ZeigerdiagrammeMaßstab:

$$1mA \hat{=} 0,1cm$$

$$1V \hat{=} 0,2cm$$

$$1W \hat{=} 4cm$$

$$1var \hat{=} 4cm$$

$$1VA \hat{=} 4cm$$

Verwendete Geräte

Strombegrenzer

ET-MTL1-SB01

Trenntrafo

ET-MTL1-ST04

Multimeter

ET-MTL1-DM02 (R, U<sub>R</sub>)

Multimeter

ET-MTL1-DM21 (I)

Widerstandsdekade

ET-MTL1-RD07 (R)

PeakTech 3285

ET-MTL1-CD11

Multimeter

ET-MTL1-DM28 (U<sub>L</sub>, I<sub>L</sub>)

Multimeter

ET-MTL1-DM05 (U)

Multimeter

ET-MTL1-DM30

Seite 8 von 8