

# Messtechnik

Stefan Mahlitz  
Dozent: Hr. Greiff

**Inhaltsverzeichnis**

3.1 Mittelwerte periodischer Spannungen und Ströme .....	3
3.1.1 linearer Mittelwert .....	3
3.1.2 quadratischer Mittelwert .....	3
3.1.3 Effektivwert der Leistung .....	3
3.1.4 Effektivwert von Spannung und Stromstärke.....	3
3.1.5 Gleichrichtwert.....	3
3.1.6 Weitere Kenngrößen .....	4
3.2 Kenngrößen nicht sinusförmiger Spannungen und Stromstärken .....	4
3.2.1 Amplitudenspektrum .....	4
3.2.2 Klirrfaktor .....	5
4. Pegelrechnungen .....	5
4.1 relativer Pegel .....	5
4.2 absoluter Pegel .....	6
5. Elektronenstrahloszilloskop/-graph .....	6

### 3.1 Mittelwerte periodischer Spannungen und Ströme

#### 3.1.1 linearer Mittelwert

ist arithmetischer Mittelwert  
entspricht Gleichspannungs-/Gleichstromanteil einer/eines zeitlich veränderlichen/veränderlicher Spannung/Strom

$$\bar{U} = \frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt \qquad \bar{I} = \frac{1}{T} \int_0^T I(t) dt$$

Der Mittelwert einer reinen Wechselgröße ist immer 0.

#### 3.1.2 quadratischer Mittelwert

$$\overline{U^2} = \frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt \qquad \overline{I^2} = \frac{1}{T} \int_0^T I^2(t) dt$$

#### 3.1.3 Effektivwert der Leistung

$$\text{Gleichstromkreis: } P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2 R$$

$$\text{Wechselstromkreis (mittlere Leistung): } P = \sqrt{\overline{U^2 I^2}} = \frac{\overline{U^2}}{R} = \overline{I^2} R$$

#### 3.1.4 Effektivwert von Spannung und Stromstärke

Bei gleicher Leistung von Gleich- und Wechselstrom/-spannung gilt:

$$\frac{U^2}{R} = \frac{\overline{U^2}}{R} \qquad I^2 R = \overline{I^2} R \qquad \left. \begin{array}{l} \frac{U^2}{R} = \frac{\overline{U^2}}{R} \\ I^2 R = \overline{I^2} R \end{array} \right\} \frac{U^2}{I^2} = \frac{\overline{U^2}}{\overline{I^2}}$$

$$U = \sqrt{\overline{U^2}} \qquad I = \sqrt{\overline{I^2}}$$

Für Sinusspannungen/-ströme gilt:

$$U = \sqrt{\overline{U^2}} = \sqrt{\frac{\hat{U}^2}{2}} = \frac{U^2}{\sqrt{2}} = 0,707 \hat{U}$$

$$I = \sqrt{\overline{I^2}} = \sqrt{\frac{\hat{I}^2}{2}} = \frac{I^2}{\sqrt{2}} = 0,707 \hat{I}$$

#### 3.1.5 Geichrichtwert

ist arithmetischer Mittelwert einer/eines gleichgerichteten Spannung/Strom

$$|\bar{U}| = \frac{1}{T} \int_0^T |U(t)| dt \qquad |\bar{I}| = \frac{1}{T} \int_0^T |I(t)| dt$$

### 3.1.6 Weitere Kenngrößen

Scheitelfaktor (Crestfaktor):

gibt das Verhältnis Spitzenwert zu Effektivwert an und muß besonders bei Effektivwertmessgeräten beachtet werden:

$$\zeta = \frac{U_{\max}}{U}$$

Formfaktor:

Wechselspannungs-/Wechselstrommessgeräte erfassen oft nur Gleichrichtwert, auf Skala soll aber Effektivwert angezeigt werden

$$F = \frac{U_{\text{eff}}}{U_{\text{Gleichrichtwert}}}$$

Sinusspannung:

$$F = \frac{G\Pi}{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot \hat{U}} = 1,11$$

Rechteckspannung:

$$F = 1$$

Dreieckspannung:

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{3}}$$

$$|\bar{U}| = \frac{U_{\max}}{2}$$

$$F = \frac{2U_{\max}}{\sqrt{3}U_{\max}} = 1,155$$

Ein Messgerät, das den Gleichrichtwert erfaßt, muß für jede Kurvenform eine eigene Skala aufweisen, wenn diese auf Effektivwerte geeicht werden soll.

## 3.2 Kenngrößen nicht sinusförmiger Spannungen und Stromstärken

### 3.2.1 Amplitudenspektrum

eine nicht sinusförmige Spannung ist dann periodisch, wenn die enthaltenen Sinusfrequenzen in ganzzahligen Verhältnissen zueinander stehen.

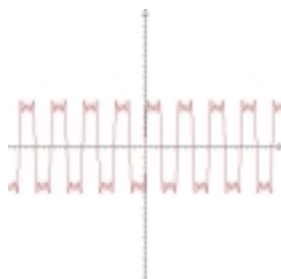
Folgefrequenzen nicht sinusförmiger periodischer Spannungen/Stromstärken:

Zahl der Perioden pro Sekunde

Rechteckschwingung:

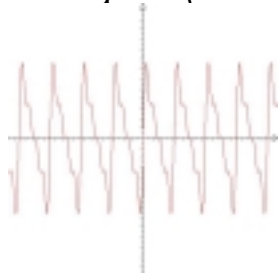
$$U(t) = \frac{4}{T} U_{\max} \left( \sin(\omega_1 t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega_1 t) + \frac{1}{5} \sin(5\omega_1 t) + \dots \right)$$

enthält nur ungeradzahlige Vielfache der Grundfrequenz  
mit steigender Frequenz nimmt die Amplitude ab



Sägezahnschwingung:

$$U(t) = \frac{4}{T} U_{\max} \left( \sin(\omega_1 t) + \frac{1}{2} \sin(2\omega_1 t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega_1 t) + \dots \right)$$



### 3.2.2 Klirrfaktor

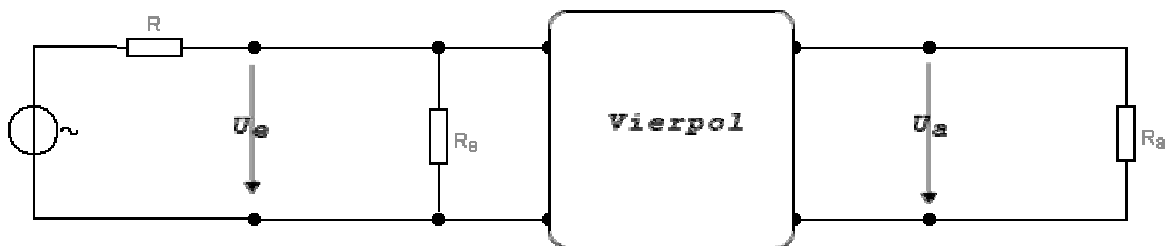
sinusförmiges Signal ändert aufgrund nichtlinearer Bauelemente der Schaltung seine Kurvenform  $\Rightarrow$  neue Frequenzen (Oberwellen) kommen hinzu.

ist Maß für das Entstehen neuer Frequenzen durch Nichtlinearitäten im Übertragungsweg

$$K = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + \dots}{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots}} \times 100\%$$

Der Klirrfaktor K ist aussteuerungsabhängig, bei Erreichen der Aussteuerungsgrenze steigt der Klirrfaktor stark an.

## 4. Pegelrechnungen



$$V = \frac{U_a}{U_e} > 1$$

### 4.1 relativer Pegel

Verstärkung:

Dämpfung:

$$V = \frac{U_a}{U_e} < 1$$

Leistung:

$$a = 10 \times \log \frac{P_a}{P_e} [dB] \rightarrow \frac{P_a}{P_e} = 10^{\frac{a}{10}}$$

Spannung:

$$a = 20 \times \log \frac{U_a}{U_e} [dB] \rightarrow \frac{U_a}{U_e} = 10^{\frac{a}{20}}$$

Strom:

$$a = 20 \times \log \frac{I_a}{I_e} [dB] \rightarrow \frac{I_a}{I_e} = 10^{\frac{a}{20}}$$

## 4.2 absoluter Pegel

Die Benutzung absoluter Pegel setzt das Festlegen eines genau definierten Leistungspegels oder Spannungspegels voraus

an vereinbartem Widerstand R über Strom die Leistung bzw. Spannung festgelegt

$R_i = R_a [\Omega]$	$P_a [mW]$	$I_0 [mA]$	$U_0 [V]$	$U_L [V] (2 \times U_0)$	
600	1	1,29	0,775	1,55	Standard
75	1	3,65	0,274	0,548	HF-Übertragung
60	1	4,08	0,245	0,49	HF-Übertragung
50	1	4,47	0,224	0,448	Messtechnik
600	1,66	1,66	1,0	2,0	USA
500	6	3,46	1,73	3,46	USA

Umrechnungen (für 600Ω)

Kurzzeichen	Bezug	Gleichung	Umrechnung auf dBm
dBV	1V	$a(dBV) = 20 \times \log \frac{U_x}{1V}$	0dB = 2,2dBm
dBmV	1mV	$a(dBmV) = 20 \times \log \frac{U_x}{1mV}$	0dB = -57,8dBm
dBμV	1μV	$a(dBμV) = 20 \times \log \frac{U_x}{1μV}$	0dB = -117,8dBm

## 5. Elektronenstrahloszilloskop/-graph

Diesen Teil hab ich ausgelassen, jeder wird wohl wissen, wie ein Oszilloskop aufgebaut ist. Wer das nicht weiss, den verweise ich auf die tolle Kopie.