

1.8 Erzwungene Schwingungen

1 Theoretische Grundlagen

Bei erzwungenen Schwingungen gilt:

- Das erregte System nimmt nach der Einschwingzeit die Frequenz des Erregersystems f_{err} an.
- Die Amplitude des erregten Systems ist abhängig von $\frac{f_{\text{err}}}{f_0}$ und von der Abklingkonstanten δ (f_0 : Eigenfrequenz des ungedämpften erregten Systems). ($\delta_1 < \delta_2 < \delta_3$)

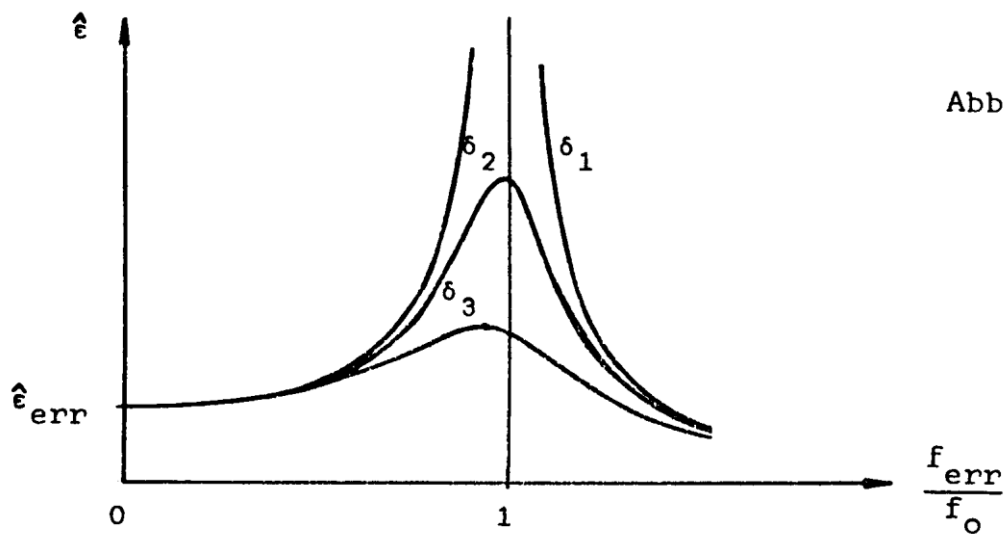


Abb. 1

$\hat{\epsilon}$ = Amplitude des erregten Systems
 $\hat{\epsilon}_{\text{err}}$ = Amplitude des Erregersystems

- Die Phasendifferenz $\Delta\varphi$ zwischen den beiden Systemen folgt nachstehenden Funktionen.

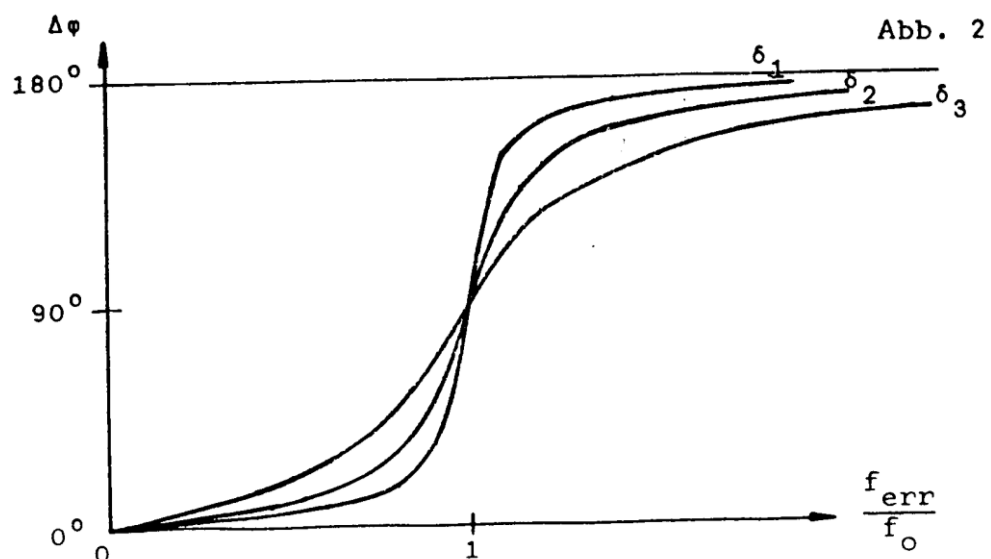


Abb. 2

2 Aufgabenstellung

2.1 Freie gedämpfte Schwingungen

Die Formel für eine gedämpfte Sinusschwingung lautet:

$$\varepsilon = \hat{\varepsilon}_0 \cdot e^{-\delta \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0) \quad (1)$$

ε : momentane Auslenkung (in diesem Versuch der Drehwinkel)

$\hat{\varepsilon}_0$: maximale Auslenkung

δ : Abklingkonstante

ω : Winkelgeschwindigkeit

φ_0 : Nullphasenwinkel

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f, \text{ wobei } \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} \text{ mit } \omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0$$

Zu bearbeiten:

Man ermittle δ aus der Amplitudenabnahme bei 3 verschiedenen Dämpfungsströmen ($I_\delta = 0 \text{ A}$; $0,4 \text{ A}$ und $0,8 \text{ A}$). Hierbei ist folgendermaßen vorzugehen:

Man ermittle für möglichst viele Amplituden das Verhältnis der Amplitude zur Maximalamplitude $\hat{\varepsilon}/\hat{\varepsilon}_0$. Trägt man $\ln(\hat{\varepsilon}/\hat{\varepsilon}_0)$ über die Schwingungsdauer auf, lässt sich hieraus aufgrund der Beziehung

$$\ln(\hat{\varepsilon}/\hat{\varepsilon}_0) = -\delta \cdot t \quad (2)$$

aus der Steigung der Ausgleichsgeraden δ bestimmen.

2.2 Erzwungene Schwingungen

Die Formeln für die erzwungene Schwingung mit harmonischer Zwangskraft lauten

$$\frac{\varepsilon}{\hat{\varepsilon}_{\text{err}}} = \frac{\omega_0^2}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega_{\text{err}}^2)^2 + 4 \cdot \delta^2 \cdot \omega_{\text{err}}^2}} \quad (3)$$

und

$$\tan(\Delta\varphi) = \frac{2 \cdot \delta \cdot \omega_{\text{err}}}{\omega_0^2 - \omega_{\text{err}}^2} \quad (4)$$

Zu bearbeiten:

- Man variiere die Frequenz des Erregers und ermittle $\hat{\varepsilon}$ als Funktion von $\frac{f_{\text{err}}}{f_0}$ bei 2 verschiedenen Dämpfungsströmen ($I_\delta = 0,4 \text{ A}$ und $0,8 \text{ A}$). Das Ergebnis ist graphisch darzustellen und mit der Theorie zu vergleichen.

- Man ermittle die Phasenverschiebung $\Delta\varphi$, stelle sie graphisch als Funktion von $\frac{f_{\text{err}}}{f_0}$ dar und vergleiche sie mit der Theorie. Man beachte besonders den Phasenverlauf beim Durchfahren der Resonanzstelle. (Bei sehr schwacher Dämpfung ist hier ein Phasensprung von 180° zu beobachten.)
- Der Vergleich mit der Theorie ist folgendermaßen durchzuführen: Man berechne die theoretischen Werte für $\hat{\varepsilon}$ und $\Delta\varphi$, indem man in Gleichung (3) und (4) die in Teil 2.1 ermittelten Werte für ω_0 und δ sowie die jeweilige Erregerfrequenz ω_{err} einsetzt.
- Eine Fehlerrechnung ist nicht erforderlich.
- Was kann man aus den Messergebnissen für praktische Anwendungen entnehmen?

3 Erforderliche Geräte

- 1 Demonstrationsmodell für Drehschwingungen
- 1 Kompensationsschreiber mit zwei Kanälen

4 Versuchsdurchführung

Hinweis

Bei allen Versuchen soll die Auslenkung der Stufenscheibe nicht über 180° hinausgehen (höchstzulässige Federbelastung)!

4.1 Einstellungen am Schreiber

	linker Kanal (Auslenkung der Stufenscheibe)	rechter Kanal (Auslenkung des Erregers)
Meßbereich	10 V	100 V
Meßbereichsendwert	var	var
Nulldurchgang	40 Skalenteile	90 Skalenteile

4.2 Messungen

- **Freie Gedämpfte Schwingungen**

Scheibe um 180° auslenken und frei schwingen lassen.
Es sind 3 Kurvenzüge mit dem Schreiber aufzunehmen.
Dämpfungsströme $I_\delta = 0 \text{ A}$; $0,4 \text{ A}$ und $0,8 \text{ A}$
Papiervorschubsgeschwindigkeit 12 cm/min

- **Erzwungene Schwingungen**

Erzwungene Schwingungen sind grundsätzlich nur mit elektromagnetischer Zusatzdämpfung durchzuführen!
Dämpfungsströme $I_\delta = 0,4 \text{ A}$ und $0,8 \text{ A}$
Papiervorschubsgeschwindigkeit: beim Einschwingvorgang 1 cm/min , danach 60 cm/min
Variation der Anregefrequenzen
Es ist ein Drehknopf zur Einstellung der Frequenz des Erregers vorhanden (0 bis 100 Skalentteile). Durch Variation der Regelung (Schrittweite 5 Skt.) ändert sich die Amplitude des erregten Systems. Einschwingvorgang abwarten und beobachten (Papiervorschubsgeschwindigkeit 1 cm/min), danach eine Periode mit dem Schreiber aufzeichnen (Papiervorschubsgeschwindigkeit 60 cm/min)
Drehknopf nur im Uhrzeigersinn drehen!

5 Hinweis

Zur Ermittlung der Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ liest man die zeitliche Verschiebung des gleichen Schwingungszustandes zwischen Erreger und erregtem System aus den Aufzeichnungen ab.