

Übung 2: Elektrische Schaltungen und Spice

Einführung in die numerische Berechnung elektromagnetischer Felder

Carsten Wesp, Boian Balouchev,
Sebastian Schöps



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Wintersemester 2025/26

30. Oktober 2025

Übungsblatt 2

Aufgabe 2.1: Harmonischer Oszillator, analytisch

In dieser Aufgabe wird ein harmonischer Oszillator analytisch untersucht. Dokumentieren Sie ihre Rechnungen innerhalb der einzelnen Teilaufgaben für die Ausarbeitung. Das Ersatzschaltbild eines harmonischen Oszillators in Reihenschaltung ist in Abb. 1 zu sehen.

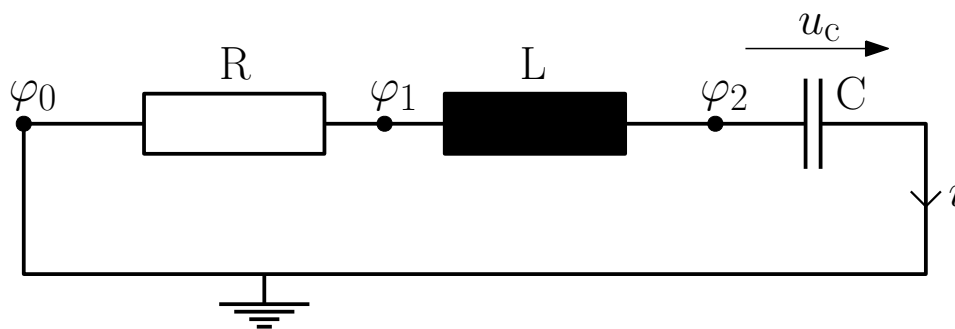


Abbildung 1: Ersatzschaltbild eines harmonischen Oszillators in Reihenschaltung.

Im Folgenden wird angenommen, dass am Kondensator zum Zeitpunkt $t = 0$ eine Spannung $u_c(0) = 12 \text{ V}$ anliegt und der Strom durch den Reihenschwingkreis $i(0) = 0 \text{ A}$ beträgt.

a) Stellen Sie die Maschengleichung der Spannungen für den Schwingkreis entsprechend dem KIRCHHOFF'schen Gesetz auf. Formen Sie das entstehende Gleichungssystem in eine skalare Differentialgleichung 2. Ordnung für $i(t)$ um.

b) Die Lösung der Differentialgleichung lässt sich im Falle einer gedämpften Schwingung in allgemeiner Form schreiben als $i(t) = ae^{(-\delta + j\omega_e)t} + be^{(-\delta - j\omega_e)t}$, mit den noch unbestimmten Konstanten a und b . Dabei bezeichnet $\delta = \frac{R}{2L}$ die Dämpfung, $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ die Resonanzkreisfrequenz und $\omega_e = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ die gedämpfte Resonanzkreisfrequenz. Verwenden Sie nun die Anfangsbedingungen um die beiden Konstanten a und b zu bestimmen und vereinfachen Sie die Lösung soweit wie möglich.

c) Berechnen Sie die gedämpfte Resonanzkreisfrequenz und die Dämpfung für einen Schwingkreis mit den Bauelementen $L = 1.73007 \text{ mH}$, $R = 2 \Omega$ und $C = 10 \mu\text{F}$.

d) Spekulieren Sie, wie viele Anfangsbedingungen zur eindeutigen Lösung einer linearen gewöhnlichen Differentialgleichung n -ter Ordnung nötig sind.

Hinweis: Im Allgemeinen unterscheidet man drei verschiedene Fälle bei Schwingungen: ungedämpft, gedämpft und den aperiodischen Grenzfall, der, wie der Name schon sagt, keine periodische Komponente mehr aufweist.

Aufgabe 2.2: Schaltungssimulationen in LTSpice

In dieser Aufgabe werden zwei Beispielschaltungen in LTSpice simuliert und die Ergebnisse diskutiert.

- a) Installieren Sie LTSpice (<https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>) auf Ihrem Rechner, wenn nicht schon geschehen.
- b) Modellieren Sie die in Aufgabe 2.1 angegebene Schaltung eines harmonischen Oszillators. Wählen Sie eine transiente Simulation von 0 bis 25 ms und aktivieren Sie die Option "Skip initial operating point solution" (Simulate → Configure Analysis → Transient). Die Anfangsbedingungen für den Kondensator lassen sich mit Steuerung+Rechtsklick auf diesen in der Zeile "SpiceLine" mit "IC=..." angeben. Alternativ: Spice-Directive, die die Spannung bei $t = 0$ am Kondensator angibt, indem Sie das `.ic` statement verwenden, um eine "initial condition" festzulegen.
- c) Vergleichen Sie die Ergebnisse der Simulation mit den analytisch berechneten Ergebnissen aus Aufgabe 1.
- d) Verkleinern Sie den Widerstand R . Was stellen Sie fest?
- e) Betrachten Sie die Beispieldatei, die auf Moodle online gestellt wurde. Vollziehen Sie die Funktionsweise der Schaltung nach! Wie nennt sich die dargestellte Schaltung?
- f) Warum ist die Ausgangsspannung im Leerlauf nicht, wie erwartet, doppelt so groß wie die Eingangsspannung?
- g) Experimentieren Sie mit dem Lastwiderstand und dem Ladewiderstand und erklären Sie kurz die Einflüsse der beiden Widerstände.

Ausarbeitung der Aufgaben 2.1 und 2.2 und Abgabe der Übung via Moodle bis spätestens 5. November 2025 um 23:59 Uhr.