**Projekt 8**

**Simulation eines Transformators**

Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften

A diagram of a square with a yellow square and red lines

Description automatically generated

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Transformators.

Eingereicht bei:

Dr. Kirsch Christoph

Eingereicht von:

Romann Raphael; Hollenstein Jonathan; Brunner Ivo

Studiengang:

Bachelor of Science Systemtechnik (B.Sc.)

Klasse: ST22a

Winterthur, den XXXXX

# Einleitung

Beschreibung Im Primärkreis des Transformators ist die Spannungsquelle *U*ext an die *n*1 Primärwindungen des Transformators angeschlossen. Der gesamte Ohmsche Widerstand des Primärkreises ist im Widerstand *R*1 zusammengefasst. An die *n*2 Sekundärwindungen des Transformators ist der Verbraucherwiderstand *R*2 angeschlossen. Die Spulen des Primär- und des Sekundärkreises sind über einen Weicheisenkern verbunden.

Seien *L*p und *L*s die Selbstinduktivitäten der Primär- bzw. der Sekundrspule und *L*ps bzw. *L*sp die Induktivitäten der Sekundär- auf die Primärspule und umgekehrt (Gegeninduktivitäten).

Wir gehen bei *U*ext = *U*0 sin(*ωt*) von einer Wechselspannung mit der Amplitude *U*0 = 4 V und der Kreisfrequenz *ω* = 2*π f* aus. Zur Simulation des Transformators berechnen wir die beiden Stromstärken *I*p(*t*) und *I*s(*t*) [A] des Primär- und den Sekundärstromkreises. Dabei verwenden wir folgende Parameter:

*f* = 105 Hz, *R*1 = 800 Ω, *L*p = 50 *µ*H, *L*ps = *L*sp = 150 *µ*H, *R*2 = 6 Ω, *L*s = 500 *µ*H.

Die Anfangsbedingungen sind *I*s (0) = *I*p (0) = 0.

# Aufgaben

## Aufgabe 1

Stellen Sie die beiden Differenzialgleichungen für den Primär- und den Sekundärstromkreis auf.

### Ergebnisse Aufgabe 1

Primärstrom:

Sekundärstrom:

Differenzialgleichung:

## Aufgabe 2

Formen Sie die Gleichungen aus Aufgabe 1 so um, dass Sie ein Differenzialgleichungssystem erster Ordnung erhalten.

### Ergebnisse Aufgabe 2

Durch einsetzten entsteht das Gleichungssystem:

Aufgelöst nach der Höchsten Ableitung ergibt sich:

Für die Ableitung von *I*2 ergibt sich die Gleichung:

## Aufgabe 3

Lösen Sie das Differenzialgleichungssystem aus Aufgabe 2 für *t* ∈ [0, 50] [*µ*s] mit dem expliziten Euler-Verfahren (Euler-vorwärts-Verfahren). Ermitteln Sie experimentell die Stabilitätsgrenze für die Schrittweite τ.

### Ergebnisse Aufgabe 3

Durch Experimentieren mit verschiedenen Werten haben sich folgende Stabilitätsgrenzen ergeben:

Stabilitätsgrenze für *I*1 = 0.00000012750

Stabilitätsgrenze für *I*2 = 0.00000012530

## Aufgabe 4

Lösen Sie das Differenzialgleichungssystem aus Aufgabe 2 im gleichen Zeitintervall mit dem impliziten Euler-Verfahren (Euler-rückwärts-Verfahren).

### Ergebnisse Aufgabe 4

Die beiden Funktionen werden kombiniert zu der Vektorwertigen Funktion *f*.

Aus *f* berechnete Jacobi Matrix: für Newtonverfahren in Euler Implizit.

## Aufgabe 5

Implementieren Sie die implizite Trapezregel und lösen Sie das Differenzialgleichungssystem aus Aufgabe 2 im gleichen Zeitintervall wie in Aufgabe 3. Vergleichen Sie die numerische Lösung mit derjenigen des impliziten Euler-Verfahrens hinsichtlich Genauigkeit, Rechenaufwand und Konvergenz.

### Ergebnisse Aufgabe 5

# Fazit

# Quellenverzeichnis