

Praktikum: "Mechatronische Komponenten – Sensoren/Aktoren"

Versuch 1: Relais

Semester:

4

Gruppe:

2

Teilnehmer (Name, Vorname):

Peschka, Noah

Debray, Leonard

Jacobs, Christopher

Versuch durchgeführt am:

20.05.26

Testat für Durchführung:

Testat für Befragung:

Testat für Ausarbeitung:

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
2	Versuchsaufgaben	4
2.1	Versuchsvorbereitung	4
2.2	Kennzeichnende Eigenschaften eines mechanischen Relais	4
2.2.1	Spulenwiderstand, Strom und Leistungsaufnahme	4
2.2.2	Spannungen	5
2.2.3	Messungen	5
2.2.4	Reale Spule	5
2.3	Untersuchungen im Steuerkreis eines mechanischen Relais	6
2.3.1	Messung mit dem Oszilloskop	6
2.3.2	Diskussion der Messergebnisse	7
2.3.3	Erläuterung des Gegenstroms	7
2.4	Untersuchungen zum Zeitverhalten eines mechanischen Relais	7
2.4.1	Messung mit dem Oszilloskop	7
2.4.2	Ansprechzeit, Rückfallzeit und Prellzeit	8
2.4.3	Erläuterung durch mathematische Beschreibung	8
2.5	Untersuchungen zum Zeitverhalten eines Phototransistors (Elektronisches Relais)	8
2.5.1	Messung mit dem Oszilloskop	8
2.5.2	Fehlen der Freilaufdiode	9
2.5.3	Vergleich mit 2.4	9
2.5.4	Ansteuerverlustleistung	9
3	Ausarbeitung	9
3.1	Reale Relaispule	9
3.2	Freilaufdiode	9
3.3	Reiben der Kontaktflächen aufeinander	9
3.4	Einschaltvorgang einer Glühlampe	10
3.5	Probleme beim Einsatz von mechanischen Relais	10

Abbildungsverzeichnis

1	Klappankerrelais	4
2	Elektrisches Schaltbild eines Relais	4
3	Zeigerdiagramm, offen, 5 Hz	5
4	Zeigerdiagramm, geschlossen, 5 Hz	5
5	Schaltverhalten mechanischer Schalter mit Freilaufdiode.	6
6	Schaltverhalten mechanischer Schalter ohne Freilaufdiode.	6
7	Schaltverhalten Quecksilber-Schalter mit Freilaufdiode.	6
8	Schaltverhalten des mechanischen Relais.	7
9	Schaltverhalten des mechanischen Relais mit Vorwiderstand.	7
10	Schaltverhalten des Phototransistors	8

1 Einführung

2 Versuchsaufgaben

2.1 Versuchsvorbereitung

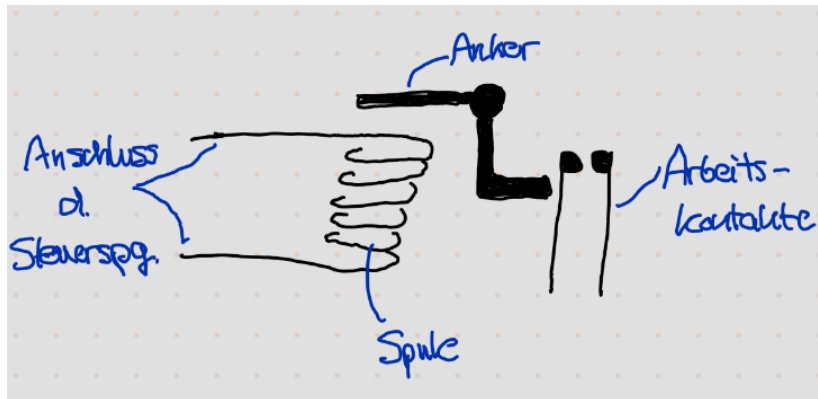


Abbildung 1: Klappankerrelais

Elektrisches Schaltbild eines Relais Man erkennt anhand der Abbildung 2, dass der Spulenstrom der Spulenspannung unmittelbar folgt.

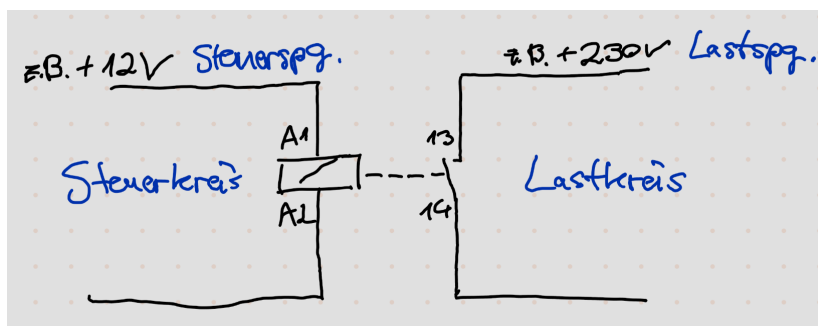


Abbildung 2: Elektrisches Schaltbild eines Relais

2.2 Kennzeichnende Eigenschaften eines mechanischen Relais

2.2.1 Spulenwiderstand, Strom und Leistungsaufnahme

Spulenwiderstand $1a = 46 \Omega$

Spulenwiderstand $1b = 45 \Omega$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12V}{45 \Omega} = 266 \text{ mA} \quad (1)$$

$$P_{\text{mech}} = U \cdot I = 12V \cdot 266 \text{ mA} = 3,2 \text{ W} \quad (2)$$

2.2.2 Spannungen

Ansprechspannung: 6,2V
 Durchzugsspannung: 6,6V
 Abfallspannung: 2,8V

2.2.3 Messungen

Tabelle 1: Messwerte der Impedanzmessung

Messung	Z [Ω]	ρ [$^\circ$]	R_L [Ω]	X_L [Ω]	L [mH]	Q
Offen 5Hz	46	8.2	45.7	6.6	210	0.145
Offen 50Hz	83.7	46	58	60.3	192	1.039
Geschlossen 5Hz	48	12.5	46.664	10.15	340	0.225
Geschlossen 50Hz	131.45	48.23	87.5	98	312	1.12

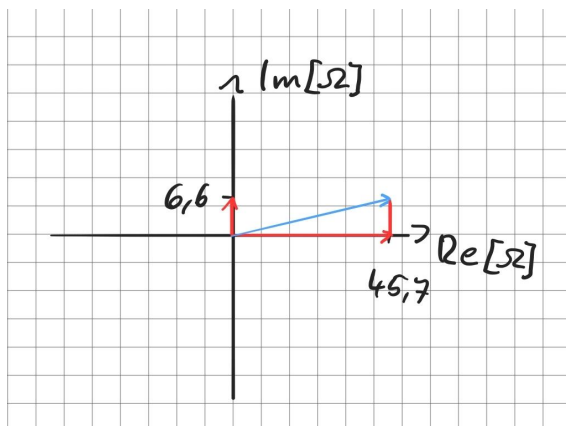


Abbildung 3: Zeigerdiagramm, offen, 5 Hz

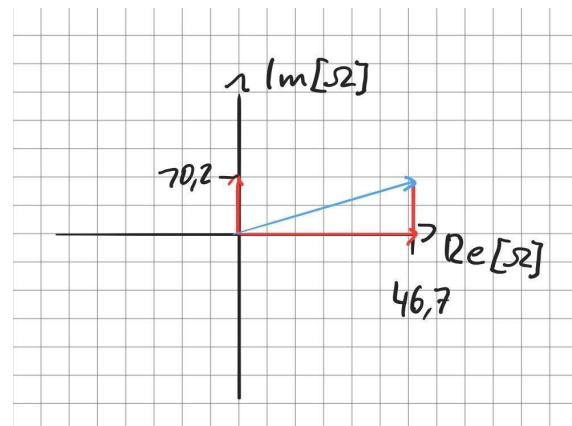


Abbildung 4: Zeigerdiagramm, geschlossen, 5 Hz

2.2.4 Reale Spule

R_{Cu} = Widerstand des Kupferdrahtes

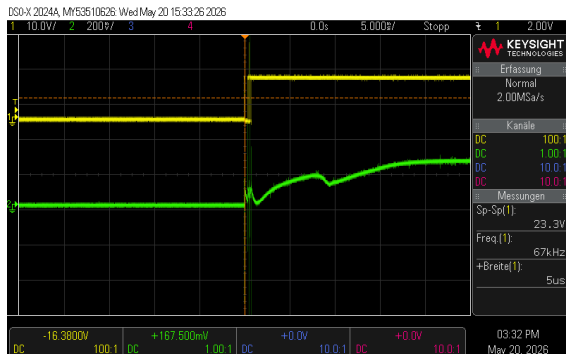
R_{Fe} = Eisenverluste beim Ummagnetisieren

Bei der Messung des Widerstandes misst man die Reihenschaltung aus dem R_{Cu} und dem frequenzabhängigen R_{Fe} .

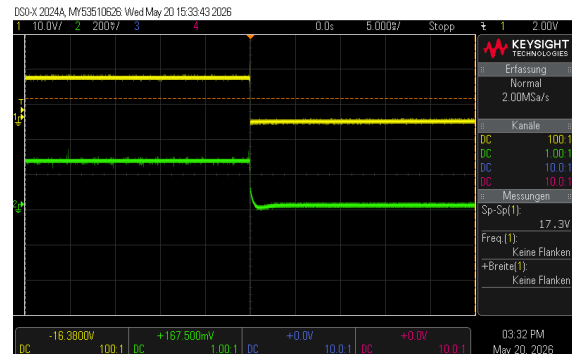
L_σ = Streuinduktivität

2.3 Untersuchungen im Steuerkreis eines mechanischen Relais

2.3.1 Messung mit dem Oszilloskop

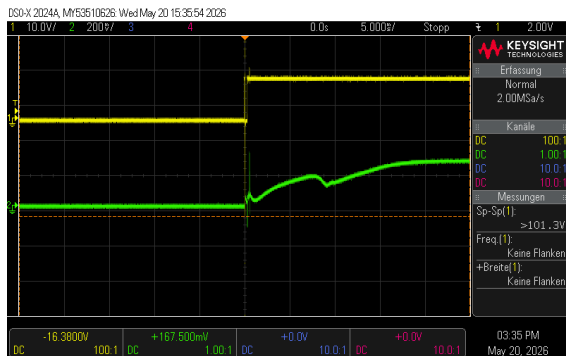


(a) Einschaltvorgang

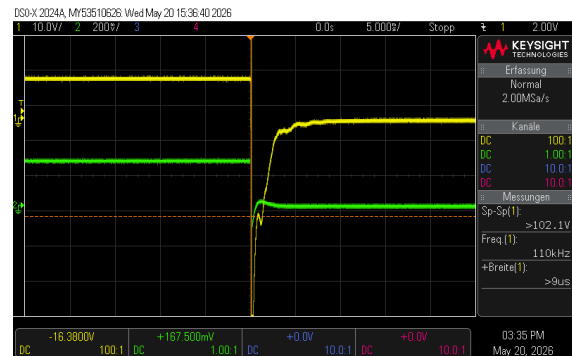


(b) Ausschaltvorgang

Abbildung 5: Schaltverhalten mechanischer Schalter mit Freilaufdiode.

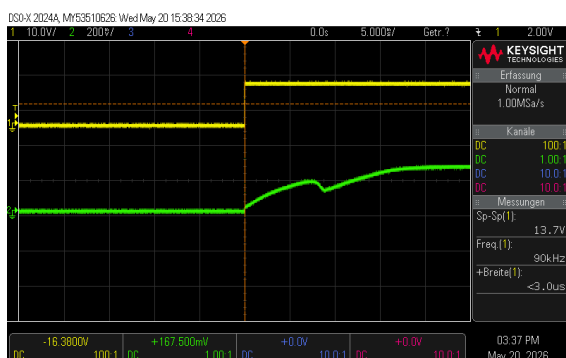


(a) Einschaltvorgang

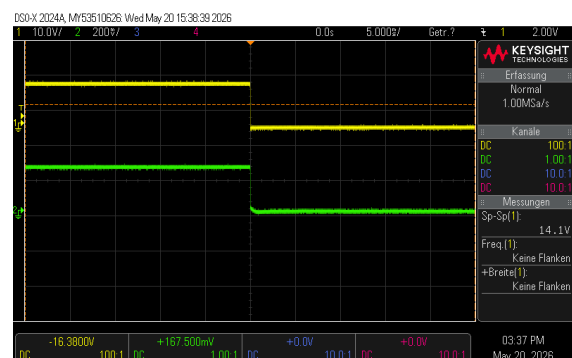


(b) Ausschaltvorgang

Abbildung 6: Schaltverhalten mechanischer Schalter ohne Freilaufdiode.



(a) Einschaltvorgang



(b) Ausschaltvorgang

Abbildung 7: Schaltverhalten Quecksilber-Schalter mit Freilaufdiode.

2.3.2 Diskussion der Messergebnisse

Der kurzzeitige Einbruch des Stromanstiegs in allen Einschaltvorgängen ergibt sich aus dem Zeitpunkt, in dem der Anker und das Joch sich berühren. In diesem Moment erhöht sich plötzlich die Induktivität der Spule (siehe Abschnitt 2.2.3), was zu einer Gegeninduktion in der Anstiegskurve führt. Durch das geänderte L steigt auch die Kurve nach dem Einbruch langsamer als vorher.

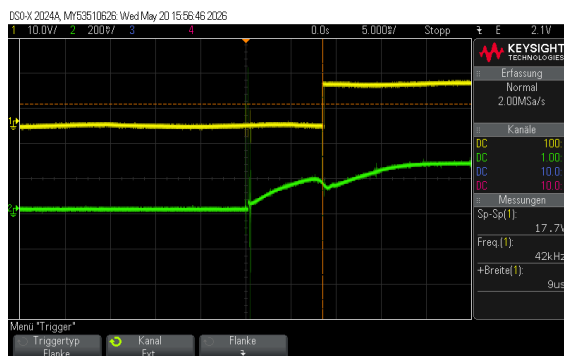
Der Ausschaltvorgang läuft mit Diode nahezu identisch, allerdings wird ohne Diode ein Gegenstrom induziert, der die Kennlinie zum Schaltzeitpunkt nach unten zieht.

2.3.3 Erläuterung des Gegenstroms

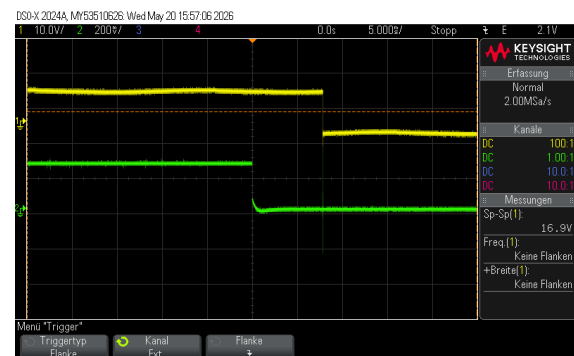
Der Gegenstrom resultiert aus der im B-Feld des Jochs gespeicherten magnetischen Energie, die in der Spule eine Gegenspannung induziert. Diese wird in Messung 1 und 3 durch die Diode verhindert.

2.4 Untersuchungen zum Zeitverhalten eines mechanischen Relais

2.4.1 Messung mit dem Oszilloskop

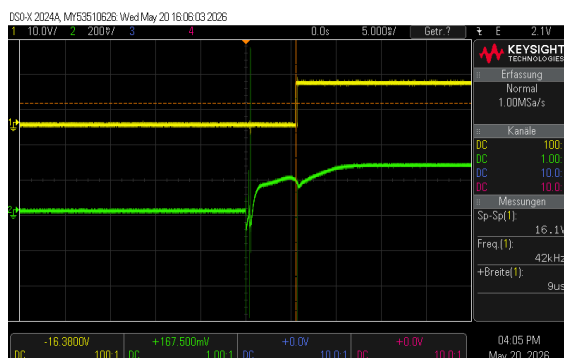


(a) Einschaltvorgang

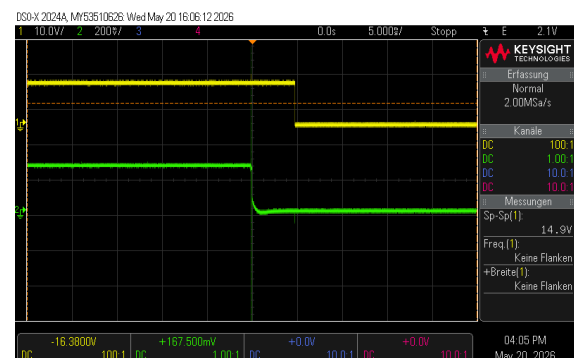


(b) Ausschaltvorgang

Abbildung 8: Schaltverhalten des mechanischen Relais.



(a) Einschaltvorgang



(b) Ausschaltvorgang

Abbildung 9: Schaltverhalten des mechanischen Relais mit Vorwiderstand.

2.4.2 Ansprechzeit, Rückfallzeit und Prellzeit

Ohne Widerstand:

Ansprechzeit: 8ms
 Rückfallzeit: 7,5ms
 Prellzeit: 0,2ms

Mit Widerstand:

Ansprechzeit: 5,5ms
 Rückfallzeit: 4,8ms
 Prellzeit: 0,2ms

Mit Widerstand verkürzen sich sowohl die Ansprechzeit als auch die Rückfallzeit. Die Prellzeit ist mechanisch bedingt und vom Widerstand unabhängig.

2.4.3 Erläuterung durch mathematische Beschreibung

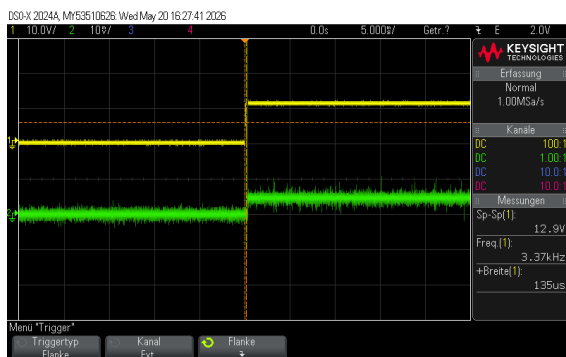
Der Stromverlauf im Einschaltvorgang lässt sich beschreiben durch:

$$i = \frac{U}{R} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \frac{U}{R} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{L/R}}\right) \quad (3)$$

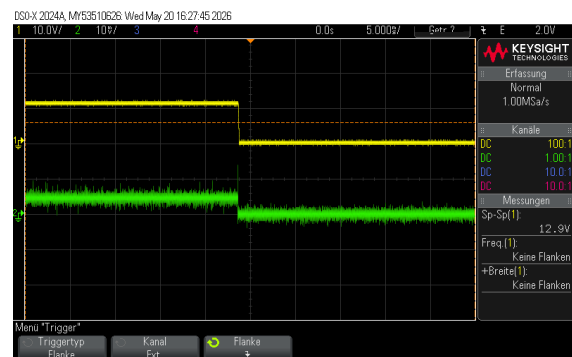
Die Vorschaltung eines Widerstandes führt zu einem erhöhten R im Exponenten der e-Funktion. Ein höheres R führt zu einem größeren Exponenten, also einer schneller steigenden Ansprechkurve. Dies korreliert mit der verkürzten Ansprechzeit.

2.5 Untersuchungen zum Zeitverhalten eines Phototransistors (Elektronisches Relais)

2.5.1 Messung mit dem Oszilloskop



(a) Einschaltvorgang



(b) Ausschaltvorgang

Abbildung 10: Schaltverhalten des Phototransistors

2.5.2 Fehlen der Freilaufdiode

Da es hier keine Induktivitäten gibt, kommt es nicht zum Gegenstrom. Somit wird die Diode nicht mehr benötigt.

2.5.3 Vergleich mit 2.4

Die Ansprech- und Abfallzeiten gehen gegen 0. Außerdem gibt es kein Prellen der mechanischen Komponenten.

2.5.4 Ansteuerverlustleistung

$$P_{elek} = U \cdot I = 12\text{V} \cdot 5\text{mA} = 60\text{mW} \quad (4)$$

Die Verlustleistung ist mit 60 mW deutlich kleiner als die 3,2 W aus Gleichung (2).

3 Ausarbeitung

3.1 Reale Relaisspule

Bei einer idealen Induktivität steigt oder fällt der Strom exponentiell entsprechend der Zeitkonstante $\tau = \frac{L}{R}$

Beim Relais verändert sich zusätzlich während des Schaltvorgangs die Induktivität mechanisch, weil sich der Anker bewegt. Sobald der Anker anzieht, verändert sich der magnetische Kreis sprunghaft. Dadurch steigt die Induktivität plötzlich an.

3.2 Freilaufdiode

Die rückinduzierte Spannung kann Ströme erzeugen, die den p-n-Übergang eines Halbleitertransistors zerstören können. Deshalb muss eine Freilaufdiode zum Schutz verbaut werden.

3.3 Reiben der Kontaktflächen aufeinander

Durch die Reibbewegung werden Oxidschichten, Verschmutzungen und kleine Ablagerungen von den Kontaktflächen entfernt.

Dadurch bleibt der Übergangswiderstand klein und ein sicherer elektrischer Kontakt wird gewährleistet.

3.4 Einschaltvorgang einer Glühlampe

Der Glühfaden besitzt im kalten Zustand einen deutlich kleineren Widerstand als im heißen Betriebszustand.

Beim Einschalten fließt deshalb kurzzeitig ein sehr hoher Einschaltstrom, der ein Vielfaches des Nennstroms betragen kann.

3.5 Probleme beim Einsatz von mechanischen Relais

Da mechanische Relais aus beweglichen Teilen aufgebaut sind, arbeiten sie nicht verschleißfrei. Diese mechanische Ermüdung wirkt sich besonders bei hochfrequenten Schaltvorgängen aus.

Phototransistoren besitzen diese Probleme nicht und bieten, wie bereits zuvor analysiert, weitere Vorteile.