

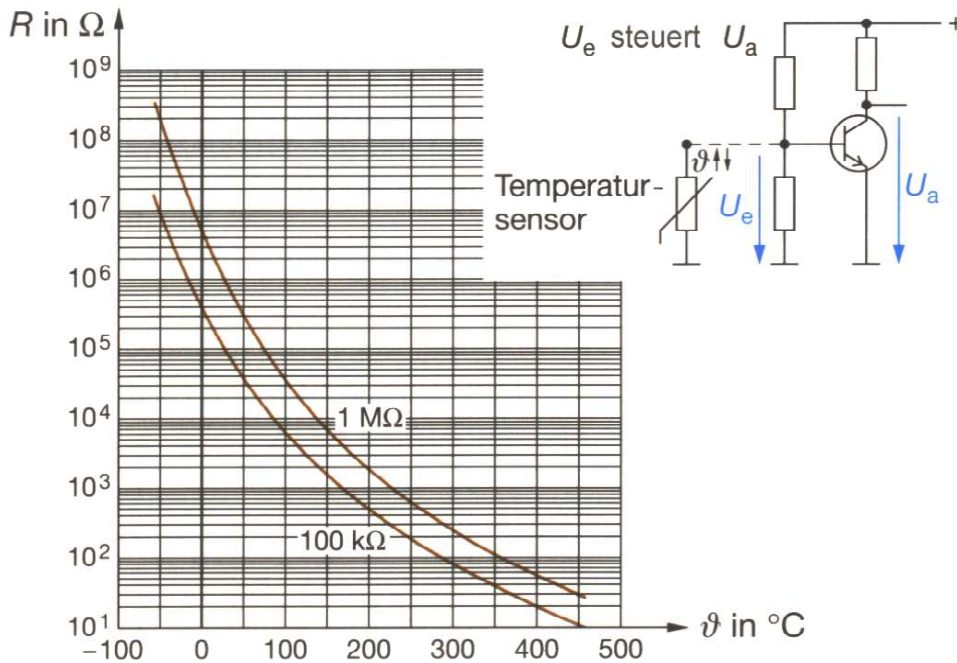


Lösungsblatt

Thema: Temperatursensoren

NTC

NTC-Widerstände haben einen negativen Temperaturkoeffizienten, d.h. ihr Widerstand sinkt bei zunehmender Temperatur. Das Verhalten ist im Diagramm zu erkennen. Erklären lässt sich dies durch das Aufbrechen von Elektronenpaarbindungen des Halbleitermaterials, wodurch in der Folge die Eigenleitfähigkeit steigt.



NTC-Widerstände eignen sich für die Temperaturmessung und damit für die Temperaturüberwachung. Der NTC-Widerstand bestimmt durch seine Widerstandsänderungen die Basis-Emitter-Spannung (U_e) und damit den Kollektorstrom. Das Ausgangssignal (U_a) ist damit von der Temperatur abhängig und kann für weitere Steuerungen bzw. Regelungen verwendet werden.

Einschaltverzögerung

Wenn S1 betätigt wird, fließt durch R1 und K1 Strom. Hierdurch erhöht sich die Temperatur in R1, sein Widerstand sinkt, K1 zieht an und überbrückt mit seinem Schließkontakt R1. Mit R1 wird eine Anzugsverzögerung von K1 erreicht.

Brückenschaltung

- 1) Die Schaltung ist für $+25^\circ\text{C}$ abgeglichen $\Rightarrow R_2 = 100\text{ k}\Omega \Rightarrow$ untere Kennlinie
- 2) Aus der Kennlinie ergibt sich

$-25^\circ\text{C} \Rightarrow R_2 = 2\text{ M}\Omega$	$+100^\circ\text{C} \Rightarrow R_2 = 6\text{ k}\Omega$
--	---
- 3) Über die Spannungsteilerregel $U_1 / U_{\text{ges}} = R_1 / R_{\text{ges}}$ bzw. $U_1 = U_{\text{ges}} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$ ergibt sich

$-25^\circ\text{C} \Rightarrow U_1 = 0,48\text{ V}$	$+100^\circ\text{C} \Rightarrow U_1 = 9,43\text{ V}$
---	--

- 4) Über die Maschenregel $U_1 + U_{AB} - U_3 = 0$ bzw. $U_{AB} = U_3 - U_1$ ergibt sich (mit $U_3 = U_{ges} / 2 = 5 \text{ V}$)
 $-25^\circ\text{C} \Rightarrow U_{AB} = 4,52 \text{ V}$ $+100^\circ\text{C} \Rightarrow U_{AB} = -4,43 \text{ V}$

Einschaltstrombegrenzung

Glühlampen besitzen im Einschaltmoment einen geringen Widerstand (PTC-Verhalten). Der Heißeleiter dagegen besitzt dann noch einen großen Widerstand, so dass in einer Reihenschaltung eine Strombegrenzung eintritt. Mit zunehmender Zeit sinkt durch die Eigenerwärmung der Widerstand des Heißeleiters, so dass der Strom auf die Betriebsstromstärke ansteigt.

Heißeleiter mit Vorwiderstand

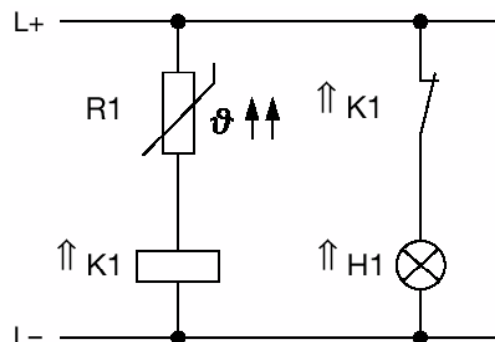
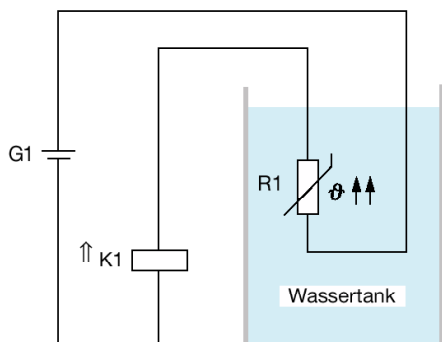
- a) $\vartheta \uparrow \Rightarrow R_{\text{NTC}} \downarrow$ (aus Kennlinie des NTC)
 $\Rightarrow R_{\text{ges}} \downarrow$ (aus $R_{\text{ges}} = R + R_{\text{NTC}}$ und $R = \text{konst.}$)
 $\Rightarrow I \uparrow$ (aus $I = U_{\text{ges}} / R_{\text{ges}}$ und $U_{\text{ges}} = \text{konst.}$)
 $\Rightarrow U_1 \uparrow$ (aus $U_1 = I \cdot R_1$ und $R_1 = \text{konst.}$)
 $\Rightarrow U_{\text{NTC}} \downarrow$ (aus $U_{\text{NTC}} = U - U_1$ und $U = \text{konst.}$)
- b) $\vartheta \uparrow \Rightarrow R_{\text{NTC}} \downarrow$ (aus Kennlinie des NTC)
 $\Rightarrow R_{\text{ges}} \downarrow$ (aus $R_{\text{ges}} = R + R_{\text{NTC}}$ und $R = \text{konst.}$)
 $\Rightarrow U \downarrow$ (aus $U = R_{\text{ges}} \cdot I$ und $I = \text{konst.}$)
 $\Rightarrow U_{\text{NTC}} \downarrow$ (aus $U_{\text{NTC}} = U - U_1$ und $U_1 = R \cdot I = \text{konst.}$)

Widerstands-Temperatur-Kennlinie

- $130^\circ\text{C} \Rightarrow 90 \Omega$
 $150^\circ\text{C} \Rightarrow 80 \text{ k}\Omega$

Füllstandsanzeige

- a) In Luft ist die Wärmeabgabe geringer als in Öl. b) Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung
 Demzufolge ist der Widerstand des Kaltleiters in Luft größer als in Öl. Mit dieser Änderung kann über den Stromfluss ein Relais geschaltet werden.



- c) 17 mA bis 30 mA

Heizungsregler

Der Kaltleiter weist bei tiefen Temperaturen einen geringen Widerstand auf. Dieser verursacht bei konstanter Betriebsspannung eine höhere Stromstärke, so dass Wärme entsteht, die eine Vereisung verhindern. Bei höheren Temperaturen ist der Widerstand so groß, dass kein nennenswerter Strom fließt. Es kommt zu keiner Erwärmung.

Maschinenschutz

Ein wichtiges Anwendungsgebiet des PTC-Widerstandes ist der Schutz elektrischer Maschinen vor Übertemperatur. Eine Schaltung dazu ist in der Abbildung zu sehen. Der PTC-Widerstand wirkt dabei als Temperaturfühler, der dicht bei der auftretenden Wärmequelle angebracht ist. Da das Signal zum Schalten von Relais in diesem Fall nicht ausreicht, wird es von einem Transistor verstärkt, der dann das Relais steuert und mit seinen Kontakten in die Steuerstrecke eingreift. Die Diode (Freilaufdiode) parallel zum Relais verhindert, dass hohe Induktionsspannungen aufgrund der Stromänderungen in der Spule entstehen.

Vierleiter-Anschlussstechnik

Zweileiter-Anschlussstechnik:

Der Leitungswiderstand wird zum Messwiderstand addiert. Das Messergebnis wird verfälscht.

Vierleiter-Anschlussstechnik:

Durch den Messwiderstand fließt ein konstanter Strom aus einer Konstantstromquelle. Deshalb spielen Leitungswiderstände für die Spannung keine Rolle. Die Spannung U_D ist stets proportional zur Stromstärke. Diese Spannung wird über ein zweites Leitungspaar an den hochohmigen Eingang eines Verstärkers gegeben, so dass auch diese Leitungswiderstände vernachlässigbar sind.

Temperaturüberwachung

Übersetzung des englischen Textes:

Quelle: www.phoenixcontact.com

1. Beschreibung

Die MCR-SL-PT100-Temperaturmessumformer setzen die Messwerte des PT100-Sensors (IEC 751 / EN 60751) in elektrisch genormte Analog-Signale um.

Der Sensor wird vom Modul mit einem geringen Strom gespeist. Der dabei entstehende Spannungsabfall wird im Modul verstärkt und in ein der Temperatur proportionales Signal umgesetzt. Dabei wird die Widerstandskennlinie durch einen Mikrocontroller (μC) linearisiert.

Zur Erhöhung der Prozesssicherheit sind die Module mit einer 3-Wege-Trennung ausgestattet. Am Eingang können sowohl 2-, 3- als auch 4-Leiter-PT100-Sensoren angeschlossen werden. Temperaturbereich, Drahtbruchverhalten, Messbereichsunter- und -überschreitung können über einen Bestellschlüssel konfiguriert werden.

Ausgangssignale:

- 0 ... 20 mA oder 4 ... 20 mA bei Geräten mit Stromausgang,
- 0 ... 5 V oder 0 ... 10 V bei Geräten mit Spannungsausgang.

2-Leiter-Anschluss

- Für kurze Entfernungen
- Die Leitungswiderstände R_{L1} und R_{L2} gehen direkt in das Messergebnis ein und verfälschen es entsprechend (z.B. PT100: $0,385 \Omega \triangleq 1 \text{ K}$).

3-Leiter-Anschluss

- Für lange Entfernungen zwischen PT100-Sensor und MCR Baustein bei gleichen Leitungswiderständen ($R_{L1} = R_{L2} = R_{L3}$).
- Der Leitungswiderstand je Leiter darf einen Wert von 50Ω nicht überschreiten.

4-Leiter-Anschluss

- Für lange Entfernungen zwischen PT100-Sensor und MCR Baustein bei unterschiedlichen Leitungswiderständen ($R_{L1} \neq R_{L2} \neq R_{L3} \neq R_{L4}$).
- Der Leitungswiderstand je Leiter darf einen Wert von 50Ω nicht überschreiten.

Beachten Sie die Leiterlängen, damit bei einem späteren Abgleich des Gerätes das Gehäuse am Einsatzort bei laufendem Betrieb geöffnet werden kann.

Für spätere Änderungen der Anschlusstechnik beachten Sie bitte die Konfigurationseinstellungen (DIP-Schalter).

- a) Der Temperaturmessumformer ist für den Anschluss eines PT100 geeignet.
- b)
 1. Die Temperaturänderung wird in eine Widerstandsänderung umgewandelt (PT100). Diese analoge Größe wird digitalisiert.
 2. Der nachfolgende Mikrocontroller verarbeitet dieses Signal.
 3. Eine galvanische Trennung erfolgt in einem Optokoppler.
 4. Das digitale Ausgangssignal des Optokopplers wird in ein analoges Ausgangssignal ($4 \dots 20 \text{ mA}$) umgewandelt.
- c) Gewählt:
4-Leiter-Anschluss

Begründung:

2-Leiter-Anschlusstechnik: Der Leitungswiderstand wird zum Messwiderstand addiert. Das Messergebnis wird verfälscht.

4-Leiter-Anschlusstechnik: Durch den Messwiderstand fließt ein konstanter Strom aus einer Konstantstromquelle. Deshalb spielen Leitungswiderstände für die Spannung keine Rolle. Die Spannung U ist stets proportional zur Stromstärke. Diese Spannung wird über ein zweites Leitungspaar an den hochohmigen Eingang eines Verstärkers gegeben, so dass auch diese Leitungswiderstände vernachlässigbar sind. Die 4-Leiter-Anschlusstechnik ist deshalb weitgehend unabhängig von den Leitungswiderständen, die sich aufgrund von Temperaturschwankungen auch ändern können.

- d) Gewählt wird eine gängige Leitung für TK- und Informationsverarbeitungsanlagen (s. Tabellenbuch), 4 verseilte Adern, CU-Leitung mit $d = 0,6 \text{ mm}$, Widerstand für eine Schleife und 1000 m : 130Ω .

Berechnung:

$$\frac{130 \Omega}{100 \text{ m}} = \frac{x}{25 \text{ m}} \Rightarrow x = 3,25 \Omega$$

Der maximal zulässige Wert von 50Ω wird somit nicht überschritten.

Temperaturwächter

- a) An den Eingang (Anschlüsse ① und ②) wird der Temperatursensor (PT100) angeschlossen. Die Eingangsstufe wandelt die Temperatur in eine entsprechende Spannung um. Diese Spannung wird verstärkt. Mit der Ausgangsspannung wird ein Relais angesteuert. Das Relais besitzt einen Wechselkontakt.

Die Gleichspannungsversorgung beträgt 24 V, mit galvanischer Trennung.

- b) Steuerung A:
In der Flüssigkeit befindet sich eine Heizspirale. Der Strom für die Heizspirale lässt sich über die Anschlüsse ⑦ und ⑧ (Relaiskontakte) schalten. Ausgelöst wird der Schaltvorgang, wenn eine bestimmte Temperatur erreicht bzw. unterschritten wird (Temperatur wird überwacht).

Steuerung B:

Die Arbeitsweise entspricht der Steuerung A. An Stelle der Heizung wird ein Ventilator zur Kühlung verwendet.

Kennlinienvergleich

Kennlinie a)

Die Widerstände (PT100 und PT1000) ändern sich in Abhängigkeit von der Temperatur in weiten Bereichen fast linear. Deshalb werden sie als Temperaturlaufnehmer (Widerstandsthermometer) eingesetzt.

Kennlinie b)

Im Gegensatz zu Widerstandsthermometern sind Thermoelemente aktive Bauelemente, die eine Spannung im Mikrovolt-Bereich abgeben. Eine Kaltstellkompensation sorgt dafür, dass die gemessene Differenztemperatur zwischen Messstelle und Vergleichsstelle in eine Absoluttemperatur umgesetzt wird. Die Kennlinien verlaufen in weiten Bereichen nahezu linear, deshalb werden sie als Temperaturlaufnehmer eingesetzt. Aufgrund der geringen Spannungsänderung sind Verstärker erforderlich.