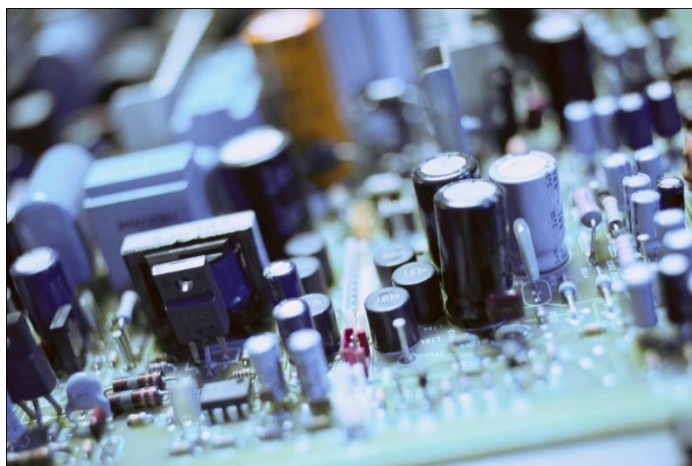


Allgemeines E-Technik

Inhalt

Buchstabenverwendung in Formeln.....2
 Dezimale Vielfache, Teile von Einheiten.....2
Strom.....3
Spannung.....3
Physikalische Stromrichtung, Technische Stromrichtung.....3
Gleichspannung / Gleichstrom / Wechselspannung / Wechselstrom.....3
Frequenz.....4
Widerstand.....4
 Widerstand Reihenschaltung.....4
 Widerstand Parallelschaltung.....4
Widerstandsfarbcode-Tabelle (Widerstandscode / Farbcode).....5
Widerstandsbestimmung mit der Widerstandsfarbcode-Tabelle.....5
 Widerstandsbestimmung (4 Ringe) bei Kohleschichtwiderständen.....6
 Widerstandsbestimmung (5 Ringe) bei Metallschichtwiderständen.....6
Leistung.....7
Messfehlerschaltungsarten.....7
 Stromfehlerschaltung.....8
 Spannungsfehlerschaltung.....8
Sicherheitsregeln:.....9
Kleine Fragerunde:.....9



Buchstabenverwendung in Formeln

Um in Formeln nicht von Beginn an Zahlen einfügen zu müssen, die zumeist unbekannt sind, werden Platzhalter benötigt, die später ersetzt werden. Als Platzhalter bieten sich dabei Buchstaben an, da diese universell verwendbar sind und für jeden Buchstaben eine eindeutige Bedeutung hinterlegt werden kann. Sinnvollerweise werden dabei bestimmte Buchstaben für bestimmte Zwecke verwendet. Zudem ist die Rechenweise mit Buchstaben einfacher, man muss nicht für Formelumstellungen etc. die ganzen Zahlen, Potenzen, Einheiten.. mitschleppen, und es werden erst wenn die Formel „steht“ die Zahlen eingesetzt.

Bestimmte Buchstaben sind bereits „vorbelegt“, so wird z.B. für den Widerstand „R“ verwendet, für die Spannung „U“ und für den Strom „I“. Wollen Sie wechselnde Größen, Augenblickswerte z.B. Wechselspannung in der Formel kenntlich machen, wird dafür der kleine Buchstabe – also statt „U“ „u“ verwendet. Großbuchstaben kennzeichnen Gleichspannungs- bzw. Effektivwerte. Dabei ist U immer der Spannungswert der dauernd ansteht, also U effektiv für Wechselspannung oder U für Gleichspannung. Der Wert u_s (u_{Spitze}) liegt nicht dauernd an, sondern z.B. bei 50 Hz Sinus nur nach 5 ms.

Beispiel: $R = \frac{U}{I}$ oder $(a + b)(a - b)$

Diese Formeln können in Listen zusammengestellt und werden, da sie universell anwendbar sind, erst kurz vor der Berechnung mit Zahlen gefüllt.

Damit die Formeln nicht unendlich viele Wiederholungen enthalten müssen, wird oft der betreffende Buchstabe in Verbindung mit einem tiefgestellten kleinen n verwendet z.B. R_n . Dadurch kann die Formel beliebig und individuell erweitert werden, als „ n “ muss nur der jeweilige Index des Bauteils eingefügt werden. Beispiel bei Widerstand... die Reihenschaltung.

Dezimale Vielfache, Teile von Einheiten

Faktor	ausgeschrieben	in Worten	SI-Vorsatz	SI-Symbol
1,0E+24	groß 1 000 000 000 000 000 000 000 000	Quadrillionfaches	Yotta	Y
1,0E+21	1 000 000 000 000 000 000 000 000	Trilliardenfaches	Zetta	Z
1,0E+18	1 000 000 000 000 000 000 000	Trillionfaches	Exa	E
1,0E+15	1 000 000 000 000 000 000	Billiardenfaches	Peta	P
1,0E+12	1 000 000 000 000 000	Billionenfaches	Tera	T
1,0E+9	1 000 000 000	Milliardenfaches	Giga	G
1,0E+6	1 000 000	Millionenfaches	Mega	M
1,0E+3	1 000	Tausendfaches	Kilo	k
1,0E+2	100	Hundertfaches	Hekto	h
1,0E+1	10	Zehnfaches	Deka	da
1,0E 0	Bez. 1	Referenz	Ausgangsgröße	-
1,0E-1	0,1	Zehntel	Dezi	d
1,0E-2	0,01	Hundertstel	Zenti	c
1,0E-3	0,001	Tausendstel	Milli	m
1,0E-6	0,000 001	Millionstel	Mikro	μ
1,0E-9	0,000 000 001	Milliardstel	Nano	n
1,0E-12	0,000 000 000 001	Billionstel	Piko	p
1,0E-15	0,000 000 000 000 001	Billiardstel	Femto	f
1,0E-18	0,000 000 000 000 000 001	Trillionstel	Atto	a
1,0E-21	0,000 000 000 000 000 000 001	Trilliardstel	Zepto	z
1,0E-24	klein 0,000 000 000 000 000 000 000 001	Quadrillionstel	Yocto	y

Strom

Einheit **Ampere A** - Maß für die „Fließgeschwindigkeit“, die dynamische Bewegung der Elektronen, erzeugt durch das „Anstoßen“ der Elektronen im Leitermaterial an andere Elektronen, Moleküle, Atome etc. Dabei entsteht auch Wärme, diese wird als Verlustleistung bezeichnet. Verlustleistung kann erwünscht sein, z.B. in einer Glühlampe erzeugt die Verlustleistung Licht (dünnes Leitermaterial mit hohem spezifischen Widerstand) oder unerwünscht sein bei Überlandleitungen (Verluste beim Energie-Transport zum Kunden). Die eigentliche Bewegung der Elektronen im Material erfolgt dabei sehr langsam, im Schneckentempo. Die Aufprallenergie der Elektronen erfolgt mit nahezu Lichtgeschwindigkeit. Mir fällt dabei immer das Spielzeug auf manchen Schreibtischen ein, ein paar 2 cm Kugeln an Nyldrähten an einem Galgen aufgehängt. Hebt man die eine Kugel am Ende an und lässt sie auf die Reihe aufprallen, setzt sich dieser Impuls ganz schnell bis an Ende fort und dort springt die letzte Kugel von der Reihe ab. Die Kugeln schwingen hin und her, aber die erste überholt nie die anderen...

Spannung

Einheit **Volt U** - Maß für den „Druck“, der auf die Elektronen wirkt, damit sie sich im Leiter fortbewegen. Eine höhere Spannung bewirkt z.B. auch bei einem sehr großen Widerstand einen erzwungenen Stromfluss. So können auch im Vakuum Überschläge zwischen zwei Leitern bewirkt werden, wenn nur die Spannung genügend hoch ist. Spannung alleine ist möglich, Strom alleine nicht. Spannung ist gewissermaßen ein Hilfsmittel um Strom fließen zu lassen – ist kein Potentialunterschied vorhanden (keine Spannung) fließt auch kein Strom.

Physikalische Stromrichtung, Technische Stromrichtung

Die Technische Stromrichtung ist von + nach -, d.h. der Strom „fließt“ von + nach -. Die Physikalische Stromrichtung, also der Fluss der Elektronen im Leiter ist umgekehrt, d.h. von - nach +. Ein Strommessgerät zeigt immer den technischen Stromfluss an. In diesem Zusammenhang: .. es gibt Spannungsmessgeräte, keine Voltmeter (Volt pro Meter, oder am Meter?) und keine Spannungsmesser (sondern Küchenmesser und Fleischmesser..).

Gleichspannung / Gleichstrom / Wechselspannung / Wechselstrom

Bei Gleichspannung / Gleichstrom ist eindeutige, feststehende Polarität feststellbar, ein positiver Pol und ein negativer Pol. Bestes Beispiel hierfür ist eine Batterie.

Bei Wechselspannung / Wechselstrom ändert sich die Polarität laufend in längeren (tiefe Frequenz) oder kürzeren Abständen (hohe Frequenz).

Genau genommen gibt es eigentlich keine Gleichspannung, denn auch eine Batterie erhält nicht auf einen Schlag ($t = 0$) 100 % der Spannung und beim Entladen sinkt die Spannung ebenfalls kontinuierlich und nicht schlagartig ab, die Intervalle sind nur länger.

Anders herum betrachtet gibt es auch keine Wechselspannung, denn auch eine „höhere“ Frequenz von 1 MHz ist für einen Mikrowellentechniker nur „hin und wieder wechselnde Gleichspannung“.

Frequenz

Einheit **Hertz Hz** - Maß für die Anzahl ganzer Perioden innerhalb einer Zeiteinheit, i.d.R. eine Sekunde. Die bei uns übliche Frequenz der Wechselspannung unseres Versorgungsnetzes (Strom aus der Steckdose) beträgt 50 Hz, dies bedeutet die Wechselspannung wechselt 50 mal in der Sekunde die Polarität. An einer herkömmlichen Glühlampe ist dies jedoch (für unsere trägen Augen) nicht bemerkbar, da die Glühwendel lange „nachbrennt“ und auch die Nulldurchgänge der Spannung über „leuchtet“. Sie ist eben noch so warm, das sie Lichtenergie aussendet. Bei einer „Leuchtstofflampe“ die ja auf dem Prinzip der Gasentladung, ein gesteuerter Kurzschluss, basiert, wird dieses Nachleuchten durch die Leuchtstoffschicht auf der Innenseite des Glasrohrs bewirkt. Sonst würde sich dieses Flackern als sehr störend bemerkbar machen. (Erläuterung bei der Besprechung des Bauteils, sehen wir hin und wieder bei Röhrenmonitoren die mit Leuchtstoffröhren in Büros beleuchtet werden.. Röhrenmonitor? Ja, das große, stromfressende, schwere Ding mit dem man früher gearbeitet hat und Elektronen den Benutzern ins Gesicht geschossen hat..)

Wenn sie nun jedoch mit einem „Phasenprüfer“ (Baumärkte lassen grüßen) die Polarität der Spannung in der Steckdose „prüfen“, finden Sie einen „heißen“ Pol (Phase) und einen „kalten“ Pol. (Nullleiter). Der Nullleiter ist dabei „näher“ am Erdpotential, die Phase weiter weg. Man kann sich dies vereinfacht so vorstellen, dass einmal aus dem Anschluss der mit „Phase“ bezeichnet wird, Elektronen „herausgeschoben“ werden in Richtung Verbraucher und einmal Elektronen „hineingesaugt“ werden. Das passiert bei 50 Hz 50 mal in der Sekunde mit positiver und negativer Halbwelle. (Wird bei Elektromaschinen & Energietechnik noch besprochen)

Allerdings ist dabei der Begriff „Verbraucher“ nicht korrekt, Strom, also Energie, wird nicht „verbraucht“, sondern nur in eine andere Form überführt: Lampe => Licht & Wärme; Elektromotor => Antriebsenergie; Elektromagnet => magnetische Energie; Heizung => Wärmeenergie; Elektroofen bei der Stahlherstellung (Siemens-Martin-Ofen) => Wärme zum Schmelzen des Stahls.

Widerstand

Einheit **Ohm Ω** - Widerstände in einem elektrischen Stromkreis kann man sich vereinfacht wie eine Verengung oder ein Knoten in einem Wasserschlauch vorstellen, dieser Knoten bringt dem Wasserfluß „Widerstand“ entgegen so kann das Wasser an der betreffenden Stelle nicht so schnell fließen.

$$R = \frac{U}{I} \quad U = R * I \quad I = \frac{U}{R}$$

Widerstand Reihenschaltung

$$R_{ges} = R1 + R2 + R3 + Rn$$

Widerstand Parallelschaltung

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{Rn}$$



Widerstandsfarbcodetabelle (Widerstandscode / Farbcode)

Widerstände gibt es in verschiedenen Bauformen und Größen. Die häufigste Bauform ist ein Widerstandskörper, der mit einer Lackfarbe überzogen ist, auf der mehrere Farbringe aufgetragen sind. Die Farbringe (Widerstandscode / Farbcode) kennzeichnen einen bestimmten Widerstandswert und die Toleranz, mit der der Widerstandswert abweichen darf. Zudem wären die Widerstandskörper oft einfach zu klein um den Wert aufzudrucken.

Widerstandsbestimmung mit der Widerstandsfarbcodetabelle

1. Bevor man mit der Widerstandsbestimmung anfängt, muss man zählen, wieviele Farbringe auf dem Widerstand aufgebracht sind. Kohleschichtwiderstände haben üblicherweise 4 Ringe. Metallschichtwiderstände haben 5 Ringe... Bei Widerständen mit 5 Ringen ist der Widerstandswert etwas genauer angegeben, Toleranzen einfach kleiner.
2. Dann muss man feststellen welcher Ring der erste ist. Üblicherweise versucht man herauszufinden, welcher Ring der letzte Ring ist. Es ist der Toleranzring, der angibt, wieviel Prozent der bestimmte Widerstandswert vom tatsächlichen Widerstandswert abweichen darf. Meistens hat der Toleranzring die Farbe Gold. Wenn es diese Farbe nicht gibt, dann muss man auf die beiden äußeren Ringe achten. In der Regel hat einer einen größeren Abstand zum Körperende. Hierbei gibt es erhebliche Unterschiede zwischen den Sichtweisen der Hersteller. Dale verwendet eine hellblaue Grundfarbe und spreizt den „letzten“ Toleranzring immer etwas weiter von den anderen weg. Allerdings ist Dale dabei der einzige Hersteller weltweit der dies so macht. Ein deutscher Hersteller verwendet eine braune Grundfarbe, stellen Sie sich vor, Grundfarbe braun, brauner Ring, blauer Ring, schwarzer Ring, schlechtes Licht...
3. Dann beginnt man von vorne an den Widerstandswert zusammensetzen. Die Farben haben bestimmte Werte. Der erste und der zweite Ring bestimmen den Widerstandszähler (beim Kohleschichtwiderstand, 4 Ringe). Der dritte Ring dient als Multiplikator, die Anzahl der Nullen. Er bestimmt wie hoch der Widerstandswert ist.
4. Der vierte Ring ist der Toleranzring, der die Abweichung des Widerstandswerts bestimmt (beim Kohleschichtwiderstand, 4 Ringe).



Widerstandsbestimmung (4 Ringe) bei z.B. Kohleschichtwiderständen

Ringfarbe	1. Ring	2. Ring	3. Ring (Multiplikator)	4. Ring (Toleranz)
schwarz	-	0	-	-
braun	1	1	× 10	1 %
rot	2	2	× 100	2 %
orange	3	3	× 1000	-
gelb	4	4	× 10000	-
grün	5	5	× 100000	0,5 %
blau	6	6	× 1000000	0,25 %
violett	7	7	× 10000000	0,1 %
grau	8	8	-	-
weiß	9	9	-	-
gold	-	-	× 0,1	5 %
silber	-	-	× 0,01	10 %

Widerstandsbestimmung (5 Ringe) bei z.B. Metallschichtwiderständen

Ringfarbe	1. Ring	2. Ring	3. Ring	4. Ring (Multiplikator)	5. Ring (Toleranz)
schwarz	-	0	0	-	-
braun	1	1	1	× 10	1 %
rot	2	2	2	× 100	2 %
orange	3	3	3	× 1000	-
gelb	4	4	4	× 10000	-
grün	5	5	5	× 100000	0,5 %
blau	6	6	6	× 1000000	0,25 %
violett	7	7	7	× 10000000	0,1 %
grau	8	8	8	-	-
weiß	9	9	9	-	-
gold	-	-	-	× 0,1	5 %
silber	-	-	-	× 0,01	10 %

Die Widerstände werden dabei nach sog. E-Reihen, genormte mathematische Folge der Einzelwerte, Renard-Serien, aufgelistet. Vgl. auch DIN IEC 60063.

Je größer die E-Reihe, desto kleiner die Toleranzen. Die Widerstandswerte überlappen sich ein ganz klein wenig dabei. Die Anzahl der E-Reihe gibt zugleich die Anzahl der Widerstandswerte pro Dekade an, E6 = 6 Widerstände, E128 = 128 Widerstandswerte pro (Zener) Dekade. In der Industrie üblich ist die Reihe E96 bzw. E128. Hier ein kleiner Tabellenauszug aus Wikipedia:

E3	E6	E12	E24	E48	E96	E192	E3	E6	E12	E24	E48	E96	E192	E3	E6	E12	E24	E48	E96	E192
1,0	1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,2	2,2	2,20	2,20	2,15	2,15	2,15	4,7	4,7	4,70	4,70	4,64	4,64	4,64
						1,01							2,18						4,75	4,75
					1,02	1,02						2,21	2,21						4,81	4,81
					1,04							2,23							4,87	4,87
			1,05	1,05	1,05						2,26	2,26	2,26					4,87	4,87	4,87
					1,06								2,29						4,93	4,93
					1,07	1,07						2,32	2,32						4,99	4,99
					1,09							2,34							5,05	5,05
		1,10	1,10	1,10	1,10						2,40	2,37	2,37	2,37			5,10	5,11	5,11	5,11
						1,11							2,40						5,17	5,17
						1,13	1,13					2,43	2,43						5,23	5,23
						1,14						2,46							5,30	5,30
			1,15	1,15	1,15						2,49	2,49	2,49					5,36	5,36	5,36

Hätte man dieses System nicht, müsste man jeden benötigten Widerstandswert separat herstellen. Angefangen hat alles bei Widerständen, verwendet wird es allerdings nahezu überall in der Elektrotechnik und Elektronik.

Leistung

Einheit **Watt P** - Elektrische Leistungen sind von der anliegenden Spannung und vom durchfließenden Strom abhängig. Sie werden in Watt gemessen, wobei die Einheit VA, die die Blindleistung (Spannung nicht in gleicher Phase wie der Strom) anzeigt. Nach EU Richtlinien wird immer mehr zu einer reinen Leistungsangabe in Watt übergegangen. Leistung ist das Produkt aus U und I, klar. Allerdings... Spannung ist „nur“ der Druck der Stromfluss generiert, Strom erzeugt in einem Lautsprecher den Antrieb der Spule (und der Membran), Strom erzeugt ein Drehfeld im Motor, Strom erzeugt eine Wärmewirkung im Widerstand, im Heizlüfter, in der Lampe, Strom erzeugt Potentialverschiebungen im Halbleiter...

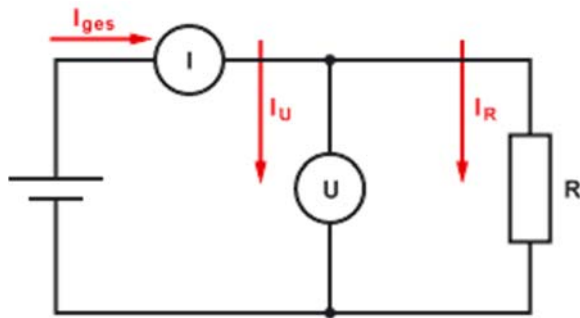
$$P = U * I$$

Messfehlerschaltungsarten

Bei der indirekten Widerstandsmessung mit Strom- und Spannungsmessgerät macht man sich das Ohm'sche Gesetz zu nutze, um aus gemessenem Strom- und Spannungswert den unbekanntem Widerstand zu berechnen.

Weil das Messergebnis durch den Innenwiderstand des Strom- und Spannungsmessgerätes verfälscht wird, wählt man je nach Größe des unbekanntem Widerstands eine Messschaltung.

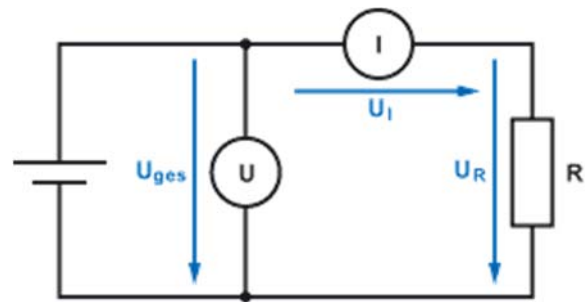
Stromfehlerschaltung



Eine Stromfehlerschaltung ist eine Parallelschaltung aus Spannungsmesser und dem zu messenden Widerstand. Durch den Spannungsmesser fließt ein Strom I_U . Dieser verfälscht den zu messenden Strom I , der durch den zu messenden Widerstand fließt. Der Strom I ist um den Strom I_U , der durch den Spannungsmesser fließt, zu groß.

Die Stromfehlerschaltung eignet sich nur zur Widerstandsmessung an kleinen Widerständen, wo der Strom durch den Innenwiderstand des Spannungsmessers, die Messung sehr wenig beeinflusst.

Spannungsfehlerschaltung



Bei der Spannungsfehlerschaltung entsteht ein Spannungsteiler aus Innenwiderstand des Strommessgerätes und dem zu messenden Widerstand. Der Spannungsabfall am Strommessgerät verfälscht die Spannungsmessung. Die gemessene Spannung U ist um die Spannung U_I zu groß.

Die Spannungsfehlerschaltung eignet sich nur für Messungen an großen Widerständen, wo der Spannungsabfall am Innenwiderstand des Strommessers die Messung sehr wenig beeinflusst.

Beispiel: Auswertung Messungen:

Messung mit $R = 220 \Omega$

U in Volt	I in mA	R in Ω (berechnet) Stromfehlerschaltung	R in Ω (berechnet) Spannungsfehlerschaltung
20	90	222	222
0,2	0,91	220	333

Messung mit $R = 10 \text{ k}\Omega$

U in Volt	I in mA	R in Ω (berechnet) Stromfehlerschaltung	R in Ω (berechnet) Spannungsfehlerschaltung
20	2,4	8333	10000
0,2	0,024	8333	10000

Elektronische Multimeter sind bei Spannungsmessung sehr hochohmig ($1..10 \text{ M}\Omega$). Daher hat die Stromfehlerschaltung nur dann eine Bedeutung wenn sehr kleine Ströme (μA -Bereich) gemessen werden. Die Spannungsfehlerschaltung kommt aber ebenso zur Anwendung, weil der Shunt-Widerstand im Messgerät einen relevanten Spannungsabfall bewirkt.

Sicherheitsregeln

Dies hier kennen Sie evtl. auch schon -?-



Kleine Fragerunde

Frage 1:

- Erläutern Sie die wesentlichsten Unterschiede zwischen Leiter und Nichtleiter. Nennen Sie auch Argumente bezüglich des Atomaufbaus.
- Erläutern Sie den Begriff „Valenzelektronen“.
- Welche Ladung zeigt ein neutrales Atom nach außen?
- Erläutern Sie die „Technische Stromrichtung“ und den „Elektronenfluss“. Geht dies in die gleiche Richtung? Verwenden Sie wenn möglich eine Skizze eines geschlossenen Stromkreises.

Frage 2:

- Zeichnen Sie einen einfachen Stromkreis bestehend aus:
1,5 Volt Batterie, Schalter, Vorwiderstand 10 k Ohm, Lampe.
Welcher Strom fließt in der Schaltung wenn der Schalter eingeschaltet ist, nehmen Sie für die Lampe einen Widerstand von 680 Ohm an?
- Zeichnen Sie in den Schaltkreis ein Spannungsmessgerät ein, das die Eingangsspannung misst und ein Strommessgerät zur Messung des Gesamtstroms. Um welche Art des Fehlers könnte es sich handeln?