

Was versteht man unter...

thermoelektrische Spannungsreihe

Systematische Reihung von leitfähigen Stoffen nach deren differenzieller Kontaktspannung (Thermospannung).

Allgemeines

Werden zwei Leiter aus verschiedenen Stoffen an ihren Enden miteinander verbunden, z. B. verschweißt, so fließt in einem geschlossenen Kreis – ohne fremde Spannung – ein elektrischer Strom (Thermomodiffusionsstrom), wenn die beiden Kontaktstellen unterschiedlich hohe Temperaturen haben. An den warmen Leiterenden ist die Bewegungsenergie der freien Elektronen höher als an den kalten. Folglich bewegen sich die höherenergetischen Elektronen in Richtung des Leiterendes mit den niederenergetischen Elektronen. Durch diesen thermoelektrischen Effekt entsteht zwischen den Leiterenden mit unterschiedlichen Temperaturen materialabhängig eine elektrische Spannung – die Thermospannung.

Seebeck-Effekt

Den genannten thermoelektrischen Effekt – das Entstehen von Thermospannungen (Thermoelektrizität) – entdeckte der deutsch-baltische Physiker und Arzt *Thomas Johann Seebeck* (1770 – 1831) zehn Jahre vor seinem Tode. Dieser physikalische Effekt wird zu Ehren seines Entdeckers seitdem „Seebeck-Effekt“ genannt. Umgekehrt entsteht ein Temperaturunterschied zwischen den Verbindungsstellen zweier verschiedener Leiter mit unterschiedlichen elektronischen Wärmekapazitäten, wenn – wie der französische Physiker *Jean Charles Athanase Peltier* (1785 – 1845) im Jahre 1834 nachwies – ein von außen zugeführter elektrischer Strom die jeweilige Leiterschleife durchfließt.

Zur thermoelektrischen Stromerzeugung unter Ausnutzung des Seebeck-Effektes dienen meist Halbleiter-Thermoelemente, die als Thermogeneratoren (Seebeck-Elemente) Wärme verschleißfrei ohne bewegliche Teile direkt in elektrische Energie umwandeln. Eine solche Umwandlung findet beispielsweise in Raumsonden zur Erforschung sonnenferner Planetenregionen statt, wo die Solarenergie zur Versorgung der elektrischen Geräte nicht mehr ausreicht.

Ordnungsprinzip

Die erste thermoelektrische Spannungsreihe stellte *Seebeck* im Jahre 1823 auf. In ihr sind die Metalle und Halbleiter nach steigender differentieller Thermospannung, bezogen auf Platin (Nullpunkt), systematisch geordnet. Die Thermospannungen häufig verwendeter Stoffe bei einer Temperaturdifferenz von 100 K zwischen den Kontaktstellen enthält **Tafel 1**.

Wiederverfestigung (einer Schaltstrecke)

Isoliervermögen, das sich insbesondere bei Wechselstromschaltern nach dem Verlöschen des Lichtbogens zwischen den elektrischen Schaltstücken einstellt.

Als Maß für die dielektrische Wiederverfestigung einer Schaltstrecke – mitunter auch **Spannungsverfestigung** genannt – dient die zeitabhängige Wiederverfestigungsspannung, Beispiel s. **Bild 1**. Aus der Wiederverfestigungskennlinie des jeweiligen Löschmittels, z. B. Schwefelhexafluor SF_6 , oder von Vakuum kann für jeden Zeitpunkt nach dem Wechselstrom-Nulldurchgang die Höhe der Spannung entnommen werden, die gerade noch nicht zum dielektrischen Durchschlag (Neuzündung) führt. Der Momentanwert der Wiederverfestigungsspannung u_z nimmt mit der Zeit zu, weil sich das (Lichtbogen-)Restplasma abkühlt und mithin die Ladungsträger aus der Schaltstrecke abgezogen werden.

Ceanderkabel

Starkstromkabel mit einem Ceanderleiter, Kabelkurzzeichen: NYCWY.

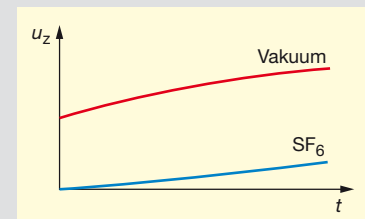
Allgemeines

Der „Ceanderleiter“ ist ein drahtförmiger, konzentrischer Leiter, dessen Einzeldrähte wellenförmig (mäandrisch) in Richtung der Kabelachse angeordnet sind. Die Kurzbezeichnung dieses Leiters erfolgt mit der Buchstabenkombination: CW.

„Ceander“ ist ein künstlich gebildeter elektrotechnischer Fachausdruck, bestehend aus dem Anfangsbuchstaben C (für konzentrischer Kupferleiter) und der

Tafel 1 Thermoelektrische Spannungsreihe (Auswahl)

Stoff	Thermospannung in mV/100 K
Platin	0
Grafit	0,22
Aluminium	0,37 ... 0,41
Zinn	0,40 ... 0,44
Blei	0,41 ... 0,46
Tantal	0,34 ... 0,51
Rhodium	0,65
Kupfer	0,72 ... 0,77
Stahl (V2A)	0,77
Zink, Silber	0,60 ... 0,79
Gold	0,56 ... 0,80
Mangan	0,57 ... 0,82
Wolfram	0,65 ... 0,90
Kadmium	0,85 ... 0,92
Molybdän	1,16 ... 1,31
Eisen	1,87 ... 1,89
Chromnickel	2,20
Antimon	4,70 ... 4,86
Silizium	44,80
Tellur	50



1 Wiederverfestigungsspannung u_z in Abhängigkeit von der Zeit t nach dem Stromnulldurchgang (qualitativ)

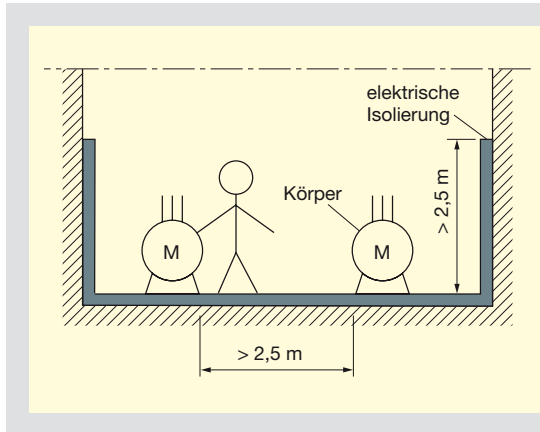
sprachlichen Ableitung von „Mäander“ – einem geschlängelten Fluss in Kleinasien. Der zweite Buchstabe W steht in der Kurzbezeichnung für wellenförmig angeordnete Kupferdrähte.

Anwendung

Ceanderkabel haben gegenüber Starkstromkabeln mit einem gewöhnlichen konzentrischen Leiter den Vorteil, dass nach dem Öffnen des äußeren Mantels der wellenförmige Ceanderleiter durch Herausziehen in axialer Richtung gestreckt (verlängert) werden kann. Verbindungen (Muffen), Abzweigungen u. dgl. sind bei Ceanderkabeln demnach ohne Unterbrechung des konzentrischen Leiters möglich.

Schutz durch nicht leitende Umgebung

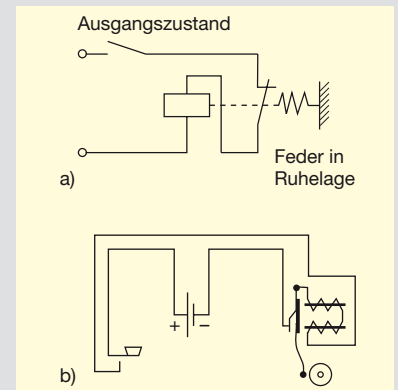
Schutzmaßnahme gegen elektrischen Schlag in Niederspannungsanlagen nach DIN VDE 0100-410 [1].



② Schutz durch nicht leitende Umgebung

③ Wagner'scher Hammer

- a) Prinzipdarstellung
b) Ausführungsbeispiel



Zweck, Ausführung

Der „Schutz durch nicht leitende Umgebung“ (engl. protection by non-conducting location) soll verhindern, dass die berührbaren Teile von elektrischen Betriebsmitteln weder im Normalbetrieb noch im Fehlerfall ein gefährliches Potential annehmen können. Zur Erfüllung dieses Schutzziels wird gefordert:

a) Die aktiven Teile der elektrischen Betriebsmittel sind ungeachtet der Spannungshöhe – demnach selbst bei Kleinspannungen \leq AC 50 V oder \leq DC 120 V – so zu isolieren oder abzudecken, dass diese Teile während des Betriebs nicht berührt werden können (Basischutz).

Die normativen Ausführungsbestimmungen für den Basischutz enthält [1], Anhang A.

b) Beim „Schutz durch nicht leitende Umgebung“, z. B. in Räumen mit isolierendem Fußboden und isolierenden Wänden, dürfen die elektrischen Betriebsmittel – selbst solche mit einer Schutzleiteranschlussstelle (Schutzklasse I) – keinen Schutzleiter enthalten. Folglich sind in diesem Fall auch Schutzerdungs- sowie Schutzpotentialausgleichsleiter unzulässig.

Außerdem müssen bei Anwendung der genannten Schutzmaßnahme ortsfeste Betriebsmittel so angeordnet und ortsveränderliche elektrische Geräte so betrieben (gehandhabt) werden, dass eine Person nicht gleichzeitig zwei Körper oder nicht einen Körper und ein fremdes leitfähiges Teil berühren kann, Beispiel s. Bild ②.¹⁾ Dabei geht man davon aus, dass im Falle eines Fehlers der Basisisolierung die Körper und leitfähigen Teile ein unterschiedliches (gefährliches) Potential annehmen können. Die sicherheitstechnischen Bestimmungen für die jeweiligen Schutzvorkehrungen enthält [1], Anhang C.

Der elektrische Widerstand von isolierenden Fußböden und Wänden gegen Erde oder gegen einen Schutzerdungsleiter

darf unter den in DIN VDE 0100-600 [2] festgelegten Bedingungen an keinem Messpunkt kleiner sein als

- 50 k Ω bei Nennspannungen der Anlage bis 500 V und
- 100 k Ω bei Nennspannungen der Anlage über 500 V.

Dabei ist sicherzustellen, dass der geforderte Isolationswiderstand ständig vorhanden ist und dessen Mindestwert auch bei Feuchtigkeit nicht unterschritten wird. Liegt der Isolationswiderstand unter dem geforderten Wert, zählen Fußböden und Wände – bezogen auf den Schutz gegen elektrischen Schlag – nicht mehr zu einer isolierenden (erdfreien) Umgebung, sondern zu „fremden leitfähigen Teilen“ (engl. extraneous conductive parts). Diese Teile können gefährliche Spannungen nach außen hin übertragen oder das Erdpotential in den betreffenden Raum einschleppen.

Anwendung

Der „Schutz durch nicht leitende Umgebung“ ist angesichts der mitunter aufwendigen Realisierung dieser Schutzmaßnahme und der Schwierigkeiten bei der Sicherung der geforderten Schutzwirkung während des praktischen Betriebs auf vergleichsweise wenige Anwendungsfälle (Sonderfälle) beschränkt.

Dazu kommt, dass diese Maßnahme zum Schutz gegen elektrischen Schlag nur dann angewendet werden darf, wenn die betreffende Anlage ständig durch fachkundige Personen überwacht wird. Es ist zu verhindern, dass zu einem späteren Zeitpunkt womöglich weitere elektrische Betriebsmittel und/oder fremde leitfähige Teile innerhalb der isolierenden Umgebung installiert werden, die die Wirksamkeit der genannten Schutzmaßnahme beeinträchtigen oder gar aufheben können. Aus den genannten Gründen dürfen elektrische Anlagen oder Betriebsmittel mit dem „Schutz durch nicht leitende Umgebung“ nur von Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen betrieben werden [1], Anhang C.

Wagner'scher Hammer

Elektromagnetischer Unterbrecher, der einen elektrischen Stromkreis in schneller Folge öffnet und durch Federkraft wieder schließt, s. Bild ③ a).

Wirkprinzip

Der Wagner'sche Hammer – benannt nach seinem Erfinder, dem deutschen Physiker *Johann Wagner* (1799 – 1878) – besteht hauptsächlich aus einem Elektromagneten, der bei eingeschaltetem Stromkreis einen an einer Feder befestigten Anker anzieht. Dabei wird der Stromkreis mittels eines Öffners unterbrochen – der Anker fällt in den Ausgangszustand zurück. Der Schalter ist nun wieder geschlossen und der wechselhafte Vorgang beginnt von Neuem.

Anwendung

Nach dem relativ einfachen Prinzip des Wagner'schen Hammers arbeiten viele Geräte, die eine Schwingbewegung erfordern, z. B. elektromechanische Klingeln mit Klöppel, s. Bild ③ b), sowie elektroakustische Hörner und Funkeninduktoren, früher auch Elektrisiergeräte für medizinische Zwecke.

Die Kontaktstücke eines Wagner'schen Hammers erzeugen Funkstörungen und unterliegen außerdem einem Materialverschleiß. Zur Verringerung von Funkstörungen und dem Verlust an Kontaktmaterial durch Schaltlichtbögen wird oft ein Kondensator parallel zu den Kontakten geschaltet, der im Moment der Unterbrechung des elektrischen Kontakts kurzzeitig den Stromfluss übernimmt.

R. Müller

Literatur

- [1] DIN VDE 0100-410:2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen; Schutzmaßnahmen; Schutz gegen elektrischen Schlag.
[2] DIN VDE 0100-600:2008-06 –; Prüfungen.

¹⁾ Zwei Teile werden als **nicht gleichzeitig berührbar** angesehen, wenn sie über 2,5 m auseinander angeordnet sind [1], Anhang B.3.1.