Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 56 (1965)

Heft: 13

Artikel: Elektrische Wärmekabel

Autor: Hofer, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916379

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

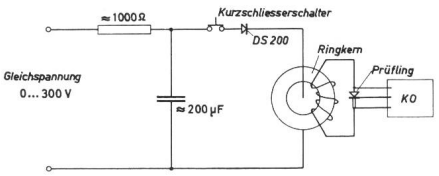

Fig. 20
Prinzipschema der Prüfschaltung für stoßspannungsfeste Si-Leistungsdioden
nach O. Schärli

terialforschung macht Fortschritte. Ausser den Elementhalbleitern, wie Germanium und Silizium, kennt man eine ganze Anzahl Verbindungshalbleiter, wie GaAs, InP, SiC und viele andere. Es wurden auch schon Dioden aus GaAs und SiC hergestellt. Auf Grund der atomaren Daten dieser Verbindungen ermöglichen sie Gleichrichter herzustellen, die bei höheren Temperaturen betrieben werden können. Kleine SiC-Dioden für kleinere Spannungen wurden z. B. bei 600 °C versuchsweise verwendet. Einer Herstellung von Leistungsdioden für höhere Spannungen stehen ausserordentliche technologische Schwierigkeiten entgegen.

GaAs-Einkristalle werden jetzt industriell, aber zu einem sehr hohen Preis hergestellt. Für Leistungsdioden werden sie nicht verwendet. Mit SiC steht es noch viel schlechter. Es gelang bisher dieses Material überhaupt nicht genügend rein und in genügend einwandfreien, grossen Kristallen herzustellen. Man kann daher feststellen, dass auf längere Zeit der Silizium-Gleichrichter der vorherrschende Leistungsgleichrichter bleiben wird. Die Erfahrung zeigt aber, dass sich immer wieder neue Durchbrüche ereignen, so dass eine erprobte Technik abgelöst werden kann. Gegenwärtig ist aber keine solche Wende in Sicht.

Literatur

[1] *G. Kubitzki:* Prüfung von Silizium-Halbleiterbauelementen. AEG-Mitt. 54(1964)5/6, S. 464...469.

[2] *E. Weisshaar* und *H. Kunz:* Untersuchungen an Halbleitern. Diffusion von Gallium in Silizium. Brown Boveri Mitt. 49(1962)11/12, S. 514...518.

[3] *F. W. Gutzwiller:* Controlled Avalanche: A new Approach to Protecting Silicon Rectifier Diodes against Voltage Transients. Direct Current 7(1962)12, S. 335...338.

Adresse des Autors:
Dr. *W. Deck,* Abteilungsvorstand, Physikalische Laboratorien der AG Brown, Boveri & Cie., 5400 Baden.

Elektrische Wärmekabel

Von *P. Hofer,* Altdorf

621.365.4

Wärmekabel sind langgestreckte, niedertemperierte Heizkörper, welche sich vor allem durch ihre Biegsamkeit und die in weiten Bereichen variierbare Leistung auszeichnen. In der Folge werden einige Einzelheiten ihres Aufbaues und verschiedene Anwendungsmöglichkeiten beschrieben.

Les câbles chauffants sont des corps de chauffe développés en longueur dont les températures de surface sont basses. Ils se distinguent surtout par leur flexibilité et leur grande capacité d'adaptation en ce qui concerne leur puissance. Ci-après, on trouvera des indications sur leur structure, ainsi que divers exemples d'application.

1. Einleitung

Elektrische Wärmekabel sind langgestreckte, niedertemperierte Heizkörper. Ihr Aufbau entspricht weitgehend demjenigen von wärmebeständigen Einleiterkabeln für Energieübertragung, abgesehen von der Art des Leitermaterials. Die Kombination Kabel-Heizkörper führt zu verschiedenen Problemen, sowohl herstellungs- als auch anwendungstechnischer Natur, welche in der Folge näher beleuchtet werden. Die Einsatzmöglichkeiten der Heizkabel erstrecken sich von der Beheizung von Dachrinnen, Wasser- und Ölleitungen über verschiedene Anwendungen in der Kältetechnik bis zu Flächenheizungen (Treibbeete, Strassen, Brücken usw.). Zahlreiche Heizprobleme können überhaupt nur dank der Existenz von Heizkabeln befriedigend gelöst werden.

2. Aufbau der Heizkabel

Im Zentrum des Kabels liegt der Heizleiter in gerader oder gewendelter Form (Fig. 1). Je nach dem gewünschten Widerstand besteht er aus verschiedenen Legierungen wie Konstantan, Cumal usw. Die ausschliessliche Verwendung von achsenparallel angeordneten Leitern wäre herstellungstechnisch einfacher, würde jedoch praktisch zu unüberwindlichen Schwierigkeiten führen, da mit den in Drahtform erhältlichen Widerstandsmaterialien bald einmal das für einen einwandfreien Anschluss erforderliche Mindestmass des Durchmessers unterschritten werden müsste. Das nachfolgende, durchaus der Wirklichkeit entsprechende Beispiel dürfte die auftretenden Schwierigkeiten genügend illustrieren:

Es sei angenommen, dass ein 1,8 m langer Rahmen der Einfüllöffnung einer Kühltruhe durch ein Wärmekabel vor dem Einfrieren geschützt werden soll.

Erfahrungsgemäss genügt hiezu eine Leistung von ca. 8 W/m Rahmen, so dass eine Gesamtleistung von ca. 15 W zugeführt werden muss. Soll diese Leistung direkt aus dem 220-V-Netz bezogen werden, ist ein Kabel mit einem Totalwiderstand von ca. 3200 Ω oder ca. 1800 Ω/m erforderlich. Würde dies mit einem gestreckten Leiter aus z. B. Kanthal D (ϱ = 1,35 Ω mm²/m) zu lösen versucht, wäre ein Drahtdurchmesser von ca. 0,03 mm vorzusehen. Ein solcher Draht verfügt jedoch weder über die minimal notwendige mechanische Festigkeit, noch könnte damit ein einwandfreier Anschluss erzielt werden. Entsprechende Untersuchungen haben denn auch gezeigt, dass ein Drahtdurchmesser von 0,1 mm in dieser Hinsicht das vertretbare Minimum darstellt. Dies führt zwangsläufig zu einem Draht, der mindestens in der 9fachen Länge des Kabels angeordnet ist, d. h. er muss

33'856

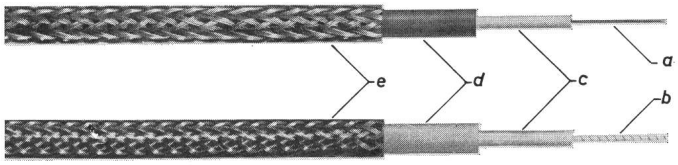

Fig. 1
Aufbau der Heizkabel
a Widerstandsdraht (in gestreckter Anordnung); *b* Widerstandsdraht (in gewendelter Anordnung); *c* Glasfaser-Isolation; *d* Kunststoffmantel; *e* Metalldraht-Geflecht (Armierung)

irgendwie zickzackförmig oder gewendelt eingelegt werden.

Der Heizleiter ist mit mehreren Lagen von Glasfasergarn umgeben, wodurch einerseits die Temperatur am darüberliegenden Kunststoffmantel reduziert werden kann, anderseits aber auch eine wesentliche Verbesserung der mechanischen Festigkeit des Kabels erzielt wird. Je nach der erforderlichen Heizleistung und dem Charakter des zu beheizenden Mediums (Luft, Flüssigkeiten, feste Materialien) besteht der Mantel aus verschiedenartigen, vernetzten Kunststoffen.

Bei dem zurzeit vorwiegend im Einsatz stehenden Mantel aus chlorsulfoniertem Polyäthylen werden Oberflächentemperaturen von ca. — 5 °C bis + 80 °C zugelassen, währenddem Kabelmäntel aus Silikonkautschuk für Betriebstemperaturen von — 60 °C bis + 160 °C verwendet werden können. Bei einer Sonderausführung, die jedoch nur für den Anschluss an Kleinspannung (bis 50 V) vorgesehen ist, wird auf den Kunststoffmantel gänzlich verzichtet.

Sämtliche Wärmekabel werden durch ein Geflecht aus Bronze, AlMgSi-Legierung oder Stahl vor Beschädigungen geschützt. Um Korrosionsschäden zu verhindern, muss das Material der Armierung stets der Unterlage angepasst werden, was speziell bei Dachrinnenheizungen von eminenter Wichtigkeit ist. Neben dem mechanischen Schutz ermöglicht das Drahtgeflecht auch eine einwandfreie Erdung des Kabels.

3. Kalte Anschlüsse

Das Befestigen des Widerstandsdrahtes in einer Anschlussdose würde speziell bei den Kabeln mit hohem Widerstand etwelche Schwierigkeiten bereiten, weshalb alle Wärmekabel mit sog. kalten Enden versehen werden. Dies ist in vielen Fällen auch deshalb notwendig, weil das beheizte Kabel nicht mit brennbaren Gebäudeteilen in Berührung kommen darf. Ausserdem darf die Gefahr der Kondenswasserbildung in der geschlossenen Anschlussdose (bei Einführung des warmen Widerstandsdrahtes) nicht übersehen werden.

Die Anschlussenden weisen denselben Aufbau wie das Heizkabel auf, einzig der Widerstandsleiter ist durch einen Cu-Draht ersetzt. Ferner ist die Glasfaser-Umspinnung wegen der geringen thermischen Beanspruchung der Enden nicht erforderlich.

Die Montage der kalten Enden erfolgt im Herstellerwerk. Die Übergangsstelle ist absolut wasserdicht und nur an einer Verdickung auf ca. das anderthalbfache des Kabeldurchmessers und ca. 8...10 cm Länge erkennbar.

4. Dimensionierung von Heizkabelanlagen

In den meisten Fällen ist die erforderliche Kabellänge von vornherein gegeben, so dass es sich bei der Projektierung der Anlage nur noch darum handelt, das Kabel mit der günstigsten Leistung zu bestimmen. Die maximal zulässige Leistung pro Meter Kabel richtet sich nach dem umgebenden Material, da es nicht gleichgültig sein kann, welche Wärmemenge abgeführt wird. Als obere Grenze bei guter Wärmeabfuhr gelten die folgenden Richtwerte:

Kabel mit Mantel aus chlorsulfoniertem Polyäthylen	30...35 W/m
Kabel mit Mantel aus Silikonkautschuk .	40...50 W/m

Ergänzend sei noch erwähnt, dass in der Schweiz heute Wärmekabel mit Widerständen zwischen 0,1 und 2000 Ω/m erhältlich sind. Die maximalen Kabellängen sind von der Herstellungsseite nicht begrenzt, wohl aber dadurch, dass bei gegebener Anschlußspannung und sehr grosser Länge die gewünschte Leistung auch mit dem niederohmigsten Typ nicht mehr erreicht werden kann. Dasselbe, natürlich mit umgekehrtem Vorzeichen, gilt auch für die kürzesten Längen.

Bei Flächenheizungen wird aus dem maximal zulässigen Kabelabstand, welcher noch eine genügend gleichmässige Verteilung der Wärme gestattet, die erforderliche Kabellänge bestimmt.

Das grösste Problem bei der Projektierung einer Wärmekabelanlage stellt oft die Bestimmung der erforderlichen Heizleistung dar. Währenddem sich die Wärmeverluste einer isolierten Wasser- oder Ölleitung verhältnismässig leicht errechnen lassen und somit der geeigneteste Kabeltyp zur Verhütung der Abkühlung oder zur Aufheizung derselben rasch bestimmt ist, muss man sich in andern Fällen oft auf Erfahrungswerte stützen, weil das Problem einer exakten Rechnung nicht zugänglich ist (z. B. Weichenheizungen).

Einige typische Erfahrungswerte sind:

Dachrinnenheizungen:	40...60 W/m Rinne Das Kabel wird hier doppelt, d. h. in einer Schlaufe verlegt.
Türrahmenheizungen:	5...10 W/m Rahmen Es handelt sich hier darum, das Festfrieren der Türen von Kühlräumen zu verhüten.
Aquarienheizungen:	ca. 0,5 W/l Wasser (in geheizten Räumen)
Terrarienheizungen:	ca. 2 W/dm² Bodenfläche (in geheizten Räumen)

Bei sehr schwierigen neuen Heizproblemen, die einer Rechnung nicht zugänglich sind, hilft nur ein Versuch oder eventuell der Einsatz eines Thermostaten, der eine absichtlich zu hoch gewählte Leistung ein- und ausschalten kann. Es soll damit nicht der Eindruck erweckt werden, dass Thermostaten in Heizkabelanlagen lediglich die fehlende Berechnung der Leistung ersetzen können. Gerade bei der einer Vorbestimmung sehr gut zugänglichen Begleitheizung einer Rohrleitung ist die Verwendung eines solchen oft unumgänglich, weil entweder die Durchflussmengen oder die Umgebungstemperaturen zeitlich stark variieren können.

Im Zusammenhang mit dem Nationalstrassenbau stellt sich oft das Problem der Beheizung von Brücken oder ganzen Strassenabschnitten (z. B. Kurven). Technisch ist dies mittels Wärmekabel ohne weiteres realisierbar und wird auch häufig, vor allem bei kleineren Objekten, angewendet (direkte Verlegung der Kabel in Beton). Es muss aber in diesem Zusammenhang stets auch die Frage der Energiebeschaffung geprüft werden, da eine wirksame Strassenheizung immerhin eine Leistung von mindestens 90 W/m² erfordert. Leider ist es so, dass Glatteis vor allem dann aufzutreten pflegt, wenn ohnehin Energiemangel herrscht, so dass dann auch eine richtig dimensionierte Fahrbahnheizung (im stromlosen Zustand) das Gefrieren nicht verhindern kann.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Wärmekabel überall dort, wo verhältnismässig kleine Leistungen und niedrige Temperaturen erforderlich sind, mit Vorteil eingesetzt werden. Nicht selten ergibt es sich auch, dass ein Heizproblem nur mittels eines Heizkörpers in Kabelform befriedigend gelöst werden kann, sei es wegen der Biegsamkeit, der Isolation oder auch wegen der Möglichkeit der Verlegung desselben direkt in eine Flüssigkeit wie Öl, Wasser usw.

Adresse des Autors:
P. Hofer, Elektrotechniker, Dätwyler AG, 6460 Altdorf.