Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 15 (1924)

Heft: 10

Artikel: Eigenschaften und Anwendung des Quarzilit-Widerstandsmaterials

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1061845

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: 09.08.2025

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

Ein Teil des Speichervolumens wird allerdings als „Plattenrand" anzusprechen sein, d. h. der Wärmefluss wird daselbst nicht senkrecht zu der Oberfläche verlaufen und daher die gegebene Berechnung dafür nur teilweise zutreffen. Es ist jedoch Aufgabe des Konstrukteurs, tote Winkel nach Möglichkeit zu vermeiden. Zu diesem Zwecke ist der Ofen so auszubilden, dass der Wärmestrom überall möglichst senkrecht zur Heizfläche austritt; dann wird das nach Gleichung (40) berechnete Speichervolumen genügen.

Schliesslich soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass alle Berechnungen auf der Annahme beruhen, die Materialkonstanten seien von der Temperatur unabhängig. Das trifft jedoch nicht zu; namentlich die Leitfähigkeit ist für viele Speichermaterialien von der Temperatur ziemlich stark abhängig. Man muss daher mit Mittelwerten rechnen. Die Abhängigkeit der Materialkonstanten von der Temperatur in der Rechnung zu berücksichtigen, würde wohl sehr weit führen und kaum befriedigend gelingen, weil nur einfache Ansätze in Betracht kommen können, die der Wirklichkeit doch nur teilweise entsprechen. Wenn das Bedürfnis nach weiterer Erkenntnis besteht, so wird wohl nur der Laboratoriumsversuch genügend Aufschluss geben, wobei festzustellen wäre, wie weit die tatsächlich erreichten Temperaturen von den mit Mittelwerten für die Materialkonstanten berechneten abweichen. Bei diesen Versuchen müssten die unserer Berechnung zugrunde liegende Annahme periodischen Wärmeflusses verwirklicht werden, d. h. der Ofen mehrere Tage nacheinander geheizt und der Wärmeabgabe überlassen werden, um jede Unsicherheit über den Anfangszustand der Temperaturverteilung auszuschliessen.

Eigenschaften und Anwendung des Quarzilit-Widerstandsmaterials.

Von der *A.-G. Kummler & Matter*, Aarau.

In diesem Aufsatz werden die physikalischen Eigenschaften der aus Quarz und Kohle hergestellten Quarzilitwiderstände besprochen und daraus Schlüsse auf die Anwendungsmöglichkeit desselben gezogen.

Dans cet article on indique les propriétes physiques des résistances en quartz-silit, fabriquées au moyen de quartz et de charbon, puis on en tire des conclusions relatives aux applications possibles de ces résistances.

Im folgenden werden die physikalischen Eigenschaften desjenigen Quarzilitmaterials einer kurzen Betrachtung unterzogen, welches im Bulletin des S.E.V., Jahrgang 1922, Heft 7, als zur zweiten Gruppe gehörend bezeichnet wurde, nämlich zur Gruppe der Widerstandsmaterialien aus Metalloiden, Metallkarbiden und Kohlenstoff für niedrige Temperaturen.

Der Apparatebau stellt das hauptsächlichste Anwendungsgebiet desselben dar. Es hat sich namentlich dadurch Eingang in denselben verschafft, weil es einen Widerstand von fast beliebigem Ohmwert auf einen möglichst kleinen Raum zu konzentrieren vermag. Quarzilitwiderstände können bei denselben Abmessungen nur Bruchteile eines Ohm bis zu mehreren Millionen Ohm aufweisen. Der Widerstand ist bei den gebräuchlichen Stromfrequenzen induktionslos. Diesen Umständen ist es zuzuschreiben, dass Quarzilit-Widerstände immer weitere Verbreitung finden, namentlich auf dem Gebiete des Ueberspannungsschutzes: als Dämpfungswiderstände, als Schutzwiderstände für Stromwandler und Relais gegen Sprungwellen mit steiler Front, als Antennenwiderstände bei Radioempfangsanlagen, in der (gewöhnlichen) Telegraphie usw.

Es erscheint uns deshalb angebracht, die wichtigsten Eigenschaften des Materials kurz zu beschreiben. Es soll dies in folgender Reihenfolge geschehen:

1. das spezifische Gewicht des Materials;
2. die spezifische Wärme;

3. die Konstante für Wärmestrahlung und -Leitung;
4. die Abhängigkeit des ohmschen Widerstandes von der Messpannung;
5. die Abhängigkeit des ohmschen Widerstandes von der Temperatur;
6. die Belastungsfähigkeit des Materials.

Die Kenntnis der vorstehenden Eigenschaften gestattet die Voraussage des betriebsmässigen Verhaltens der Widerstände mit einer gewissen, durch die Art des Materials bedingten Toleranz.

1. Das spezifische Gewicht.

Infolge der den verschiedenen Ohmzahlen entsprechend veränderten Zusammensetzung und Nachbehandlung des Materials kann das spez. Gewicht nicht in allen Fällen genau dasselbe sein. Es ändert sich in dem Sinne, dass es mit höheren Ohmzahlen wächst, mit tieferen sinkt. Die Unterschiede sind jedoch gering und für die Praxis bedeutungslos, so dass mit einem Mittelwert von 2 gr/cm^3 gerechnet werden kann.

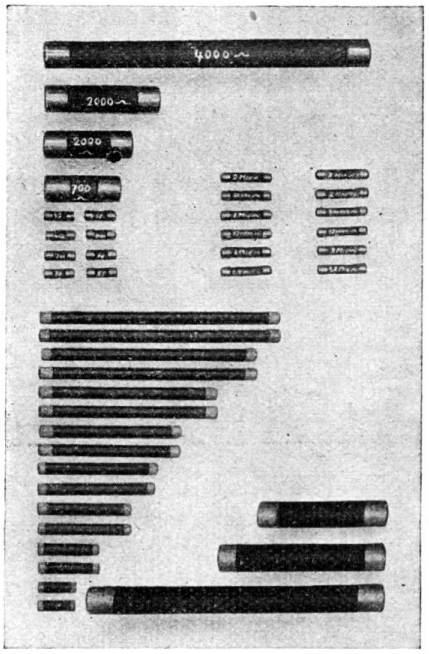

Fig. 1.
Einige Normalausführungen von Quarzilitwiderständen (ca. 1/7 nat. Grösse).

2. Die spezifische Wärme.

Die Bestimmung derselben ist an vielen Exemplaren so genau wie möglich durchgeführt worden, da deren Kenntnis für alle Erwärmungsprobleme von wesentlicher Bedeutung ist. Als Messmethode wurde die gewöhnliche kalorimetrische gewählt.

Aus vielen Messungen ergab sich ein Mittelwert von $c = 0{,}20$ Cal/dm^3 ^{0}C.

Der Vollständigkeit halber ist noch zu erwähnen, dass die spez. Wärme mehr oder weniger eine scheinbare ist, weil stets eine gewisse Luftmenge im Material eingeschlossen ist. Diese wird auch miterhitzt, so dass das Schlussresultat als eine Kombination der spez. Wärmen der einzelnen Materialien des Widerstandskörpers inkl. eingeschlossene Luft aufzufassen ist. Die Sache kompliziert sich noch mehr, als auch die Art der Erwärmung von Einfluss ist. Schickt man einen kleinen Strom durch den Widerstandskörper, so tritt keine oder nur eine unwesentliche Funkenbildung zwischen den einzelnen Körnchen auf. Die Erwärmung der Körner, sowie der eingeschlossenen Luft geht langsam vor sich, so dass beide Zeit haben, die gleiche Temperatur anzunehmen.

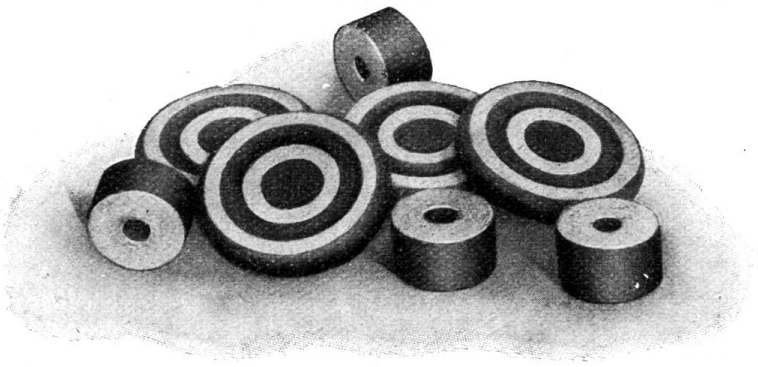

Fig. 2.
Quarzilitwiderstände in Form von Scheiben (ca. 1/2 nat. Grösse).

Schickt man jedoch einen sehr starken Strom durch den Widerstand, so bildet sich eine grosse Menge kleiner Fünklein zwischen den einzelnen Teilen. Die eingeschlossene Luft wird also örtlich erhitzt und kann nicht in ihrer ganzen Masse die gleiche Temperatur annehmen, wenn der Stromdurchgang nur kurze Zeit stattfand (wegen der hohen Stromstärke muss die Zeit kurz sein). Der skizzierte Vor-

gang muss sich letzten Endes in einer scheinbaren spez. Wärme äussern, welche von Fall zu Fall verschieden ist.

Die genannten Vorgänge haben aber mehr theoretisches als praktisches Interesse; die verschiedenen Werte weichen nicht stark voneinander ab.

3. Die Konstante für Wärmestrahlung und -Leitung.

Die Kenntnis dieser Konstante ist für alle jene Erwärmungsvorgänge wichtig, welche sich über eine längere Zeitdauer erstrecken, so dass es nicht mehr zulässig ist, die Wärmestrahlung und -Leitung in die Umgebung zu vernachlässigen.

Bekanntlich setzt man die von der Einheit der Körperoberfläche ausgesandte Wärmemenge pro Sekunde gleich einer Konstanten λ mal dem Temperaturunterschied des Flächenelementes gegen die Umgebung.

Erwärmt man einen Körper mit der Oberfläche O auf eine bestimmte Beharrungstemperatur ϑ_{max}, so kann man gemäss obiger Definition die Konstante λ aus der aufgenommenen Wärmemenge Q, sowie aus ϑ_{max} und O bestimmen.

$$\lambda = \frac{Q/\text{sec}}{\vartheta_{max}\, O}\ ; \qquad \text{resp. } \lambda' = \frac{P}{\vartheta_{max}\, O},$$

wobei P die elektrisch aufgenommene Leistung bedeutet.

Aus vielen Messungen ergibt sich für λ' ein Mittelwert $\lambda' = 0{,}008$ Watt/cm^2 ^{0}C.

4. Abhängigkeit des ohmschen Widerstandes von der Messpannung.

Es zeigt sich, dass der ohmsche Widerstand umgekehrt proportional der aufgedrückten Spannung ist. Dieses Verhalten weisen alle Widerstandsmaterialien auf, welche aus einem Gemisch von gut- und schlechtleitenden Bestandteilen aufgebaut sind. Je nach dem Mengenverhältnis, dem Bindemittel und der Nachbehandlung ändern sich allerdings die Verhältnisse; sie bleiben aber im Prinzip immer dieselben. Bei gleicher Qualität der Ausgangsmaterialien ist die Aenderung des Widerstandes mit der Spannung in weiten Grenzen umso grösser, je „hochohmiger" die Widerstandskörper sind. Dies geht deutlich aus den Kurventafeln hervor. In Fig. 3 sind zwei Widerstände A und B von 65 mm Länge und 30 mm Durchmesser in ihrer Abhängigkeit von der Messpannung dargestellt. Gleichzeitig wurden auch die Kurven für Widerstände derselben Dimensionen, aber anderer Ausgangsmaterialien eingetragen. Man sieht sogleich den grossen Unterschied im Verhalten. Je nach dem Verwendungszweck kann eine grosse Aenderung erwünscht sein oder nicht; in den meisten Fällen wird man darnach trachten, dieselbe gering zu halten.

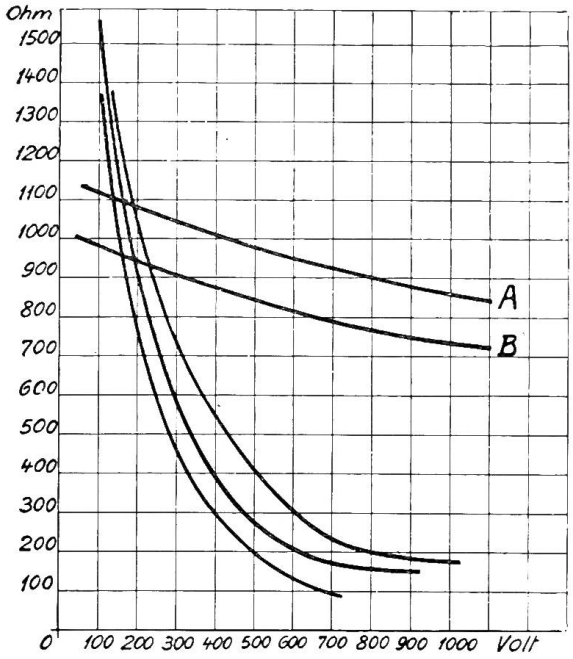

Fig. 3.
Widerstand von Quarzilitstäben 65/30 mm verschiedener Zusammensetzung in Funktion der Spannung.

Die Fig. 4, 5, 6 und 7 enthalten weitere Kurven, welche das Gesetz der umgekehrten Proportionalität zwischen Spannung und ohmschem Widerstand klar erkennen lassen. Die Abhängigkeit ist nicht linear; der Proportionalitätsfaktor ist selbst eine Funktion der Spannung. Mit wachsender Spannung nähert sich der ohmsche Widerstand asymptotisch einem Grenzwert.

Wie sich die Widerstände bei sehr hohen Spannungen verhalten, ist nicht sehr einfach, experimentell zu bestimmen; denn als grosse Fehlerquelle kommt die während der Messung entstehende Erwärmung in Betracht. Schon bei den in den Fig. 6 und 7 dargestellten Untersuchungen wurde bis an die Grenze des Möglichen gegangen. Bei einer Spannung von 7000 Volt und einem ohmschen Widerstand von 2300 Ω ist die aufgenommene Leistung bereits 21,3 Kilowatt. Diese ist imstande, den Widerstandskörper in 10 Sekunden um zirka 700° C zu erwärmen. Bei dieser Temperatur ist der Widerstandswert kleiner als im kalten Zustand. Infolgedessen steigt der Strom, die Belastung nimmt weiter zu, die Erwärmung ebenfalls usf. Man muss daher für diese Messungen tadellos gedämpfte Instrumente verwenden, um in möglichst kurzer Zeit ablesen zu können. Erwärmung ist natürlich bei keiner Messung zu vermeiden. Den Einfluss derselben kann man bei bekannter Temperatur unter Zuhilfenahme des Temperaturkoeffizienten stets berechnen. Die Temperatur selbst muss auch zuerst rechnerisch ermittelt werden. Bei bekannter Leistungsaufnahme und bekannten Materialkonstanten ist dies ohne weiteres möglich.

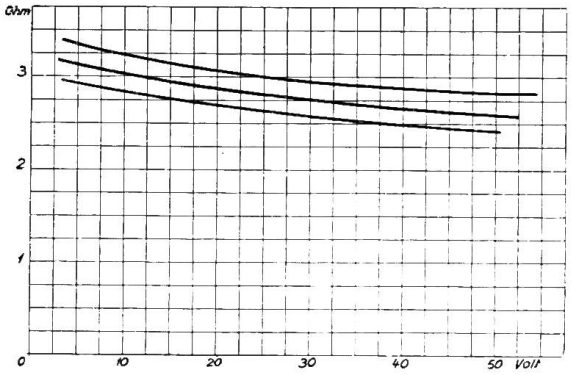

Fig. 4.
Widerstand von Quarzilitstäben 65/30 mm in Funktion der Spannung.

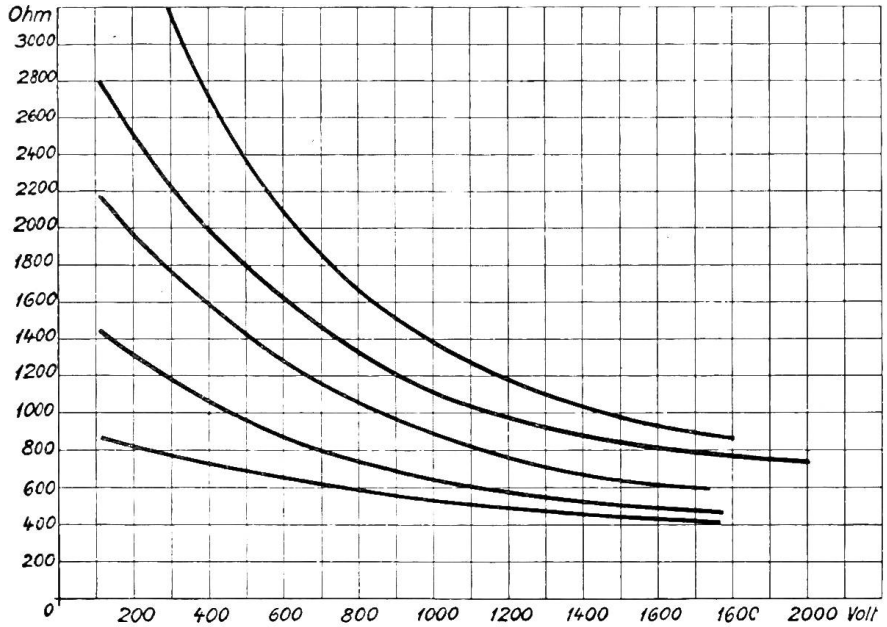

Fig. 5.
Widerstand von Quarzilitstäben 250/30 mm in Funktion der Spannung.

Es gibt noch eine andere Möglichkeit, diesen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, indem man zu einer kalorimetrischen Methode greift, mittelst welcher ein guter Mittelwert des ohmschen Widerstandes erhalten werden kann. Es sei nachfolgend das gleiche Beispiel kurz behandelt, welches bei der direkten Widerstandsmessung schon als Grenzfall der Ausführbarkeit bezeichnet wurde, nämlich der Widerstandskörper 250/30 mm, welcher bei 7000 Volt einen Widerstand von 2300 Ohm hat. Man soll dessen Widerstand bei 10000 Volt Spannung experimentell bestimmen. Eine direkte Messung ist wie gesagt nicht möglich, denn bis die Messinstrumente zur Ruhe gekommen wären, hätte sich der Körper bereits so stark erwärmt, dass man ein ganz unsicheres Schlussresultat zu erwarten hätte.

Die Methode ist folgende: Man schliesst den Widerstand während t Sekunden an die bekannte Spannung V an und taucht ihn hierauf sofort in ein Kalorimeter. Dadurch lässt sich die in demselben enthaltene Wärmemenge Q messen. Da die

spez. Wärme c des Materials bekannt ist, folgt daraus auch die Temperatur ϑ. War R der mittlere ohmsche Widerstand, des Körpers während der Zeit von

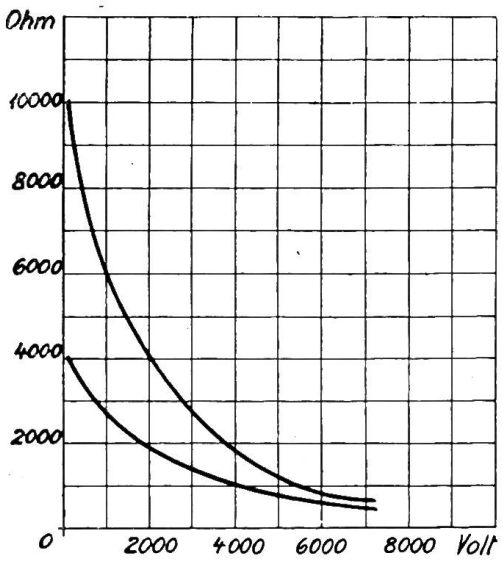

Fig. 6.

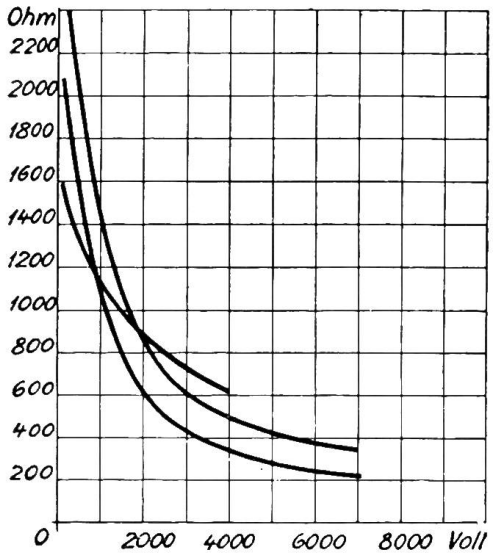

Fig. 7.

Widerstand von Quarzilitstäben 250/30 mm in Funktion der Spannung.

t Sekunden, so ist die im Widerstand durch die elektrische Energie entwickelte Wärmemenge

$$Q = \frac{V^2}{R}\, t\, \frac{1}{4188}\ \text{Cal} \tag{1}$$

oder

$$R = \frac{V^2}{Q}\, t\, \frac{1}{4188}\ \text{Ohm.} \tag{2}$$

Beim Versuche ergab sich: $Q = 12{,}6$ Cal, $V = 10\,000$ Volt, $t = 1$ Sek.

Daraus erhalten wir: $R = 1900$ Ohm.

Dieser Wert R muss noch in verschiedener Hinsicht etwas korrigiert werden.

a) Während der Zeit Δt, welche vom Ausschalten des Stromes bis zum Eintauchen ins Kalorimeter verstrich, ging eine gewisse Wärmemenge Q_v durch Strahlung und Leitung an die umgebende Luft verloren. Dieselbe ist nach Abschnitt 3 $= \lambda' O \vartheta \Delta t$, wobei für ϑ mit genügender Genauigkeit die aus der kalorimetrisch bestimmten Wärmemenge Q und der spez. Wärme C ausgerechnete Temperatur einzusetzen ist.

Der Versuch ergab:

$Q = 12{,}6$ Cal, $c = 0{,}2$, $G = 0{,}37$ kg, Zimmertemperatur $= 23{,}0\ ^0$C.

Somit:

$$\vartheta' = \frac{12{,}6}{0{,}37 \cdot 0{,}2} = 171\ ^0\text{C.} \tag{3}$$

Das Kalorimeterwasser hatte nach dem Einlegen des Widerstandes die gleiche Temperatur wie die umgebende Luft. Infolgedessen stellt ϑ' zugleich auch die im Moment des Stromausschaltens vorhandene Uebertemperatur ϑ des Widerstandskörpers gegen die umgebende Luft dar. Die durch Strahlung und Leitung verloren gegangene Wärmemenge beträgt demnach:

$$\left.\begin{array}{l}\lambda' = 0{,}008 \\ O = 236\ \text{cm}^2 \\ \vartheta = 171\ ^0\,\text{C} \\ \Delta t = 5\ \text{Sek.}\end{array}\right\} \qquad Q_v = \frac{0{,}008 \cdot 236 \cdot 171 \cdot 5}{4188} = 0{,}38\ \text{Cal.} \qquad (4)$$

Dadurch korrigiert sich der Wert des mittleren ohmschen Widerstandes R auf 1756 Ω, entsprechend dem um 0,38 Cal vergrösserten Werte von Q in Formel (2).

b) Dieser Wert ist immer noch nicht der endgültige, denn bei der Angabe eines ohmschen Widerstandes muss stets die Temperatur mitangegeben werden, d. h. bei Untersuchung des Widerstandes als Funktion der Spannung müssen alle Ohmzahlen auf ein und dieselbe Temperatur reduziert werden. Die Messungen erfolgten bisher bei 23 ^{0}C Zimmertemperatur. Somit muss auch der Widerstand von 1756 Ohm auf 23 ^{0}C bezogen werden. Weil 1756 Ohm der während der Zeit des Stromdurchganges vorhandene Mittelwert ist, so ist er bei Annahme eines linearen Verlaufes von Temperatur und Zeit auch der mittleren Temperatur zuzuordnen. Die Reduktion auf 23 ^{0}C ergibt den endgültigen Wert von 1886 Ohm (Temperaturkoeffizient = – 0,001).

5. Abhängigkeit des ohmschen Widerstandes von der Temperatur.

Der Zusammenhang von Widerstand und Temperatur lässt sich stets durch eine lineare Gleichung darstellen, in welcher allerdings der sog. Temperaturkoeffizient meistens auch eine Funktion der Temperatur ist.

Bei den verschiedenen Arten von Quarzilitwiderständen wurde im Bereich von 0 bis 200 ^{0}C ein ziemlich konstanter Temperaturkoeffizient gefunden und zwar von der Grösse $\alpha = -0{,}001 \frac{1}{^0\text{C}}$. In keinem Falle zeigten sich Differenzen von mehr als 10 %, so dass man mit praktisch genügender Genauigkeit $R_2 = R_1\,(1 + \alpha\,\{\vartheta_2 - \vartheta_1\})$ setzen kann. Bei höheren Temperaturen wird der Wert von α etwas kleiner und es treten auch etwas grössere Differenzen bis zu 20 ÷ 30 % auf.

6. Belastungsfähigkeit.

Darunter verstehen wir diejenige Belastung in Watt pro cm^3, welche ein Widerstand von bestimmter Grösse eine gewisse Zeitlang aushalten kann, ohne Schaden zu leiden.

Bei der Bestimmung der Belastungsfähigkeit handelt es sich um die Beantwortung der Frage: Wie verhält sich ein Quarzilitwiderstand, der während einer gewissen Zeit an eine bestimmte Spannung angeschlossen wird?

Um diese Frage beantworten zu können, müssen alle Materialkonstanten bekannt sein.

Beim Anschluss des Körpers an eine Spannung V stellt sich zunächst die dieser Spannung entsprechende Stromstärke I ein, gemäss der Beziehung $R = f(V)$. Die Leistung $\frac{V^2}{R}$ dient teilweise dazu, die Temperatur des Widerstandskörpers zu erhöhen, teilweise deckt sie die nach der Umgebung entweichende Wärmemenge (durch Strahlung und Leitung). In jedem Zeitmoment ist Gleichgewicht zwischen der produzierten und der verbrauchten Wärmemenge vorhanden.

Bezeichnet wie bis anhin:

dQ = entwickelte Wärmemenge in der Zeit dt
G = Gewicht des Widerstandskörpers in kg
c = spez. Wärme
λ = Strahlungskonstante
O = Oberfläche in cm^2
ϑ = Uebertemperatur des Körpers gegen Zimmertemperatur
P = Leistung (in Watt),

so wird: $$dQ = G\,c\,d\vartheta + \lambda\,O\,\vartheta\,dt = \frac{P}{4188}\,dt\,. \qquad (5)$$

P ist nun aber in dieser Gleichung nicht konstant, sondern selbst wieder eine Funktion der Temperatur. $P = \frac{V^2}{R}$ ändert sich linear mit dem Widerstand, letzterer selbst annähernd linear mit der Temperatur. Es wird also:

$$P = \frac{V^2}{R_0\,(1 + \alpha\,\vartheta)} = \frac{P_0}{1 + \alpha\,\vartheta}\,.$$

Wo ist die der Zimmertemperatur entsprechende Leistung $\frac{V^2}{R_0}$.

Durch Einsetzen der Formel für P in die allgemeine Erwärmungsgleichung erhalten wir:

$$G\,c\,d\vartheta + \lambda\,O\,T\,dt = \frac{P_0\,dt}{4188\,(1 + \alpha\,\vartheta)} = \frac{P_0'}{(1 + \alpha\,\vartheta)}\,dt$$

oder: $$\{G\,c + \alpha\,G\,c\,\vartheta\}\,d\vartheta + \{\lambda\,O\,\vartheta + \lambda\,O\,\alpha\,\vartheta^2 - P_0\}\,dt = 0\,. \qquad (6)$$

Die Integration dieser Gleichung führt zu einem sehr komplizierten Zusammenhang zwischen der Temperatur und der Zeit.

Erfahrungsgemäss kann aber die Sache bedeutend vereinfacht werden, wenn man die Leistungsaufnahme als konstant betrachtet. Dies trifft umso genauer zu, je kürzer die Belastungszeiten sind. In Ueberspannungsschutzanlagen, wo die Belastungsstösse heftig, aber sehr kurz sind, nähert sich die vereinfachte Berechnungsart sehr weitgehend dem richtigen Verfahren.

An einem Beispiel mögen die Verhältnisse dargestellt werden:

Ein zylindrischer Quarzilitwiderstand von 250 mm Länge und 30 mm Durchmesser hat bei 110 Volt einen Widerstand von 1600 Ohm. Auf welche Temperatur erwärmt er sich, wenn er 2 Sekunden lang an 4000 Volt angeschlossen wird? Zimmertemperatur 23 ° C.

Gemäss Fig. 7 sinkt der ohmsche Widerstand bei einer Spannung von 4000 Volt auf 620 Ohm. Die Leistungsaufnahme beträgt somit $P = \frac{4000^2}{620} = 25\,800$ Watt während 2 Sekunden. Dies entspricht = 12,30 Cal. Bei einer spez. Wärme von 0,2 erwärmt sich der Widerstandskörper, dessen Gewicht = 0,37 kg beträgt, um 166 ° C, so dass die Temperatur des Körpers 189 ° C betragen wird. Die Ausstrahlung während der kurzen Zeit von 2 Sekunden wurde vernachlässigt. Um über die Grösse des Fehlers einen Anhaltspunkt zu besitzen, sei sie nachträglich berechnet:

Die Mittlere Uebertemperatur des Körpers beträgt $\frac{166}{2} = 83$ ° C.

Strahlungskonstante $\lambda' = 0{,}008$, Oberfläche $O = 248\ \text{cm}^2$, Zeit $t = 2$ Sek.

Strahlungsverluste $P_v = \lambda'\,O\,\vartheta\,t = 330$ Watt/sec = 0,079 Cal.

Der Fehler bei Berechnung der Temperaturerhöhung beträgt somit $= \frac{0{,}079}{12{,}3}\,100$ = 0,6 %, d.h. die Temperaturerhöhung ist 165 ° statt 166 °, wie angenähert berechnet.

Da man im praktischen Betriebe selten genau weiss, wie lange ein Widerstand unter Spannung steht (z. B. bei Ueberspannungsschutzapparaten), so ist ohne weiteres klar, dass der Fehler von 0,6 % nicht von Bedeutung ist. Bei längeren Ein-

schaltzeiten vermindert sich naturgemäss die Genauigkeit der vereinfachten Berechnung. Man wäre dann gezwungen, die allgemeine Gleichung anzuwenden, was infolge der früher schon erwähnten Kompliziertheit unangenehm ist. In allen diesen Fällen ist es am besten, das Experiment zu Hilfe zu nehmen.

Als obere Belastungsgrenze der Quarzilitwiderstände gilt der Wert von zirka 60 Watt/cm^3 während 1 Sekunde. Es versteht sich von selbst, dass hierbei die Spannung nur so hoch getrieben werden darf, dass keine Entladungen längs der Oberfläche des Widerstandsstabes auftreten. Auch die Art und Weise des Einbaues in Apparate spielt dabei eine Rolle, so dass keine allgemeinen Angaben gemacht werden können. In Ausnahmefällen kann die Belastung bis auf das 4fache erhöht werden, ohne dass eine Zerstörung des Widerstandskörpers eintritt. Es muss hier noch angeführt werden, dass die Beanspruchung nicht dieselbe ist, wenn anstatt Normallast während einer bestimmten Zeit z. B. die 10fache Belastung während $^1/_{10}$ der Zeit wirkt. Dies führt meistens zu explosionsartigen Erscheinungen, davon herrührend, dass ein Teil des Silbers an den Enden des zylindrischen Widerstandskörpers verdampft und eine ionisierte Atmosphäre schafft, durch welche elektrische Entladungen mit Leichtigkeit passieren können. Die maximale Belastung nur in Wattsekunden anzugeben, wäre deshalb falsch, weil man im Grenzfall (sehr kleine Zeit) auf unmögliche Werte kommen müsste.

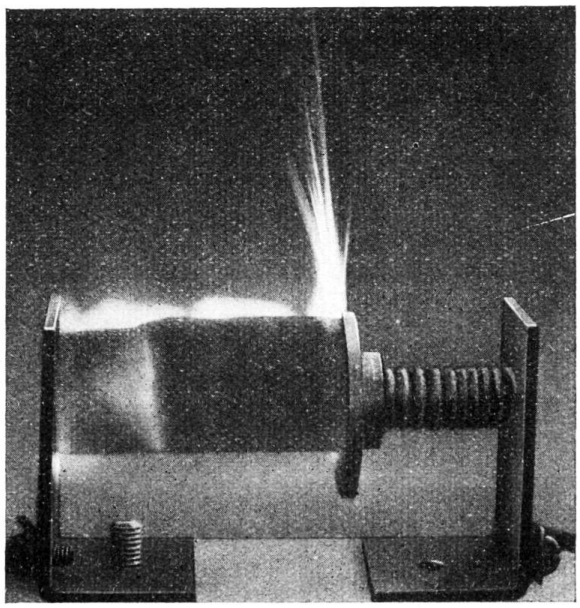

Fig. 8.
Quarzilitwiderstand 65/30 mm an zu hohe Spannung angeschlossen, explosionsartige Erscheinung.

Wir glauben, durch obige Zusammenstellung das Wesen und die Anwendungsmöglichkeit des Quarzilitmaterials soweit beschrieben zu haben, als für denjenigen, der sich damit zu befassen hat, hinreichend ist. Auf Grund der genannten Eigenschaften kommt eine grosse Menge von Verwendungsformen in Frage, die sich mit der Entwicklung der Schwach- und Starkstromtechnik von Jahr zu Jahr steigern.

Technische Mitteilungen. – Communications de nature technique.

Grundlagen und Aufbau eines neuen Ueberstrom-Zeitrelais. Ueberstrom-Zeitrelais zum Schutze von Leitungsnetzen sind gegenüber den Ueberlast-Relais zum Schutze von Verbrauchern durch besondere Eigenschaften gekennzeichnet, welche bei der Wahl eines Ueberstromschutzsystems zum Nachteil der betreffenden Anlage meistens übersehen werden. Sie bezwecken, einen gestörten Leitungsabschnitt durch Ausschalten der der Fehlerquelle zunächstliegenden Schalter von der gesunden Netzanlage abzutrennen, ohne letztere irgendwie in Mitleidenschaft zu ziehen.

Als einfaches Mittel zur Lösung dieser Aufgabe hat sich die zeitliche Abstufung der Schalterauslösungen mit höchster Auslösezeit beim Kraftwerk und kleinster Auslösezeit beim Verbraucher bewährt. Die Ueberstrom-Zeitrelais müssen demnach bestehen aus einem vom Ueberstrom angetriebenen Zeitmotor, welcher nach dem der Auslösezeit entsprechenden Teilbetrag der Ablaufzeit die Schalterauslösung herbeiführt. Unter Ablaufzeit sei der Zeitbetrag verstanden, welcher vom Zeitmotor zur Zurücklegung seines gesamten Ablaufweges benötigt wird.

Die Ablaufzeit eines Relais wird jedoch, da sie als Auslösezeit zur Auswirkung kommen kann, begrenzt durch den Ueberstromwert und die Wärmekapazität der vom Ueberstrom betroffenen Anlageteile. Ihr Wert muss sich daher mit zunehmendem Ueberstrom verkleinern und einen dem maximal auftretenden Strom entsprechenend Grenzwert erreichen, welcher erfahrungsgemäss