

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 14 (1923)
Heft: 6

Artikel: Extrapolationsverfahren zur Ermittlung des Anfangswertes von Abkühlungskurven
Autor: Goldstein, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060382>

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: 03.04.2026

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

Extrapolationsverfahren zur Ermittlung des Anfangswertes von Abkühlungskurven.

Von Dr. J. Goldstein, Berlin-Oberschöneweide.

Der Autor zeigt, wie die Maximaltemperatur von Wicklungen elektrischer Maschinen nach der Methode der Widerstandszunahme der Wicklungen durch Extrapolation der Abkühlungskurve auch dann ermittelt werden kann, wenn infolge des Zeitverlustes zwischen dem Abschalten des Stromes und der Durchführung der Messung die Wicklungstemperatur gesunken ist.

L'auteur montre comment on peut, à l'aide de la courbe de refroidissement obtenue moyennant plusieurs mesures de résistance exécutées après l'arrêt, déterminer par extrapolation la température d'un enroulement au moment de l'arrêt de la machine.

Bei der Ermittlung der Erwärmung von Wicklungen aus Widerstandsmessungen ist es notwendig, den Widerstandswert gleich nach der Abschaltung des Stromes zu kennen. Eine Ungenauigkeit in der Ermittlung dieses Wertes, die nur einen Prozent beträgt, hat einen Fehler von $2,5^{\circ}\text{C}$ in der Temperaturbestimmung zur Folge. Bedenkt man, dass Normalien des Verbandes deutscher Elektrotechniker zur Bestimmung der Grenztemperaturen Widerstandsmessungen vorschreiben, so wird man die Anwendung eines strengen Extrapolationsverfahrens nur empfehlen können. Im folgenden soll ein Verfahren angegeben werden, mit dem man auf graphischem Wege den Anfangswert der Abkühlungskurven leicht und schnell ermitteln kann.

Eine in Luft oder Oel mit Strom auf eine bestimmte Temperatur erwärmte Wicklung ist nach der Abschaltung des Stromes ein Körper, der der Umgebung Wärme abgibt, bezeichnet man mit

- c mittlere spezifische Wärme des Wicklungskörpers,
- G das Gewicht desselben,
- ϑ die mittlere Uebertemperatur der Wicklung über das kühlende Medium,
- O die wirksame Kühlfläche,
- k den Koeffizienten der Wärmeableitung,
- t die Zeit,

so ist bekanntlich der Abkühlungsvorgang durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$-c G d\vartheta = O k \vartheta dt.$$

Die Integration unter Berücksichtigung der Anfangsbedingung

$$\vartheta = \vartheta_{\max} \text{ für } t = 0$$

ergibt die Gleichung

$$\vartheta = \vartheta_{\max} e^{-\frac{kO}{cG}t}.$$

Wird noch auf die Relation zwischen warmem und kaltem Widerstand r_{ϑ} bzw. r_0

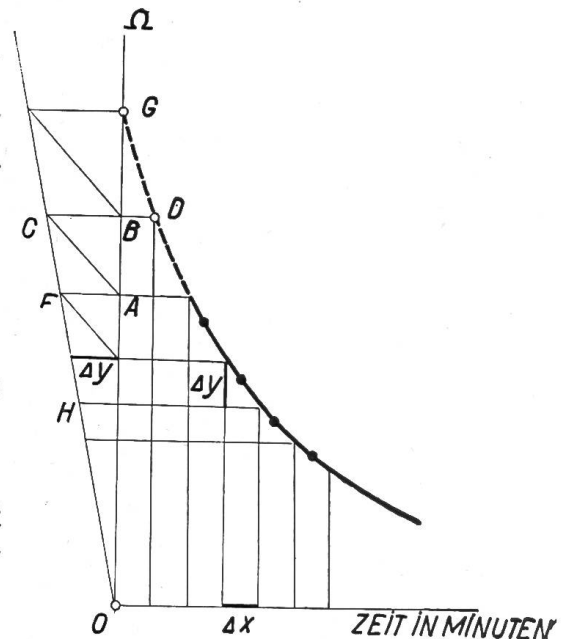
$$r_{\vartheta} = r_0 (1 + a\vartheta),$$

wo a den Temperaturkoeffizienten bedeutet zurückgegriffen, so erhält man aus obiger folgende Gleichung

$$r_{\vartheta} = r_0 + r_0 a \vartheta_{\max} e^{-\frac{kO}{cG}t}.$$

Führt man noch zur Abkürzung folgende Bezeichnung ein:

$$r_{\vartheta} - r_0 = y, \quad r_0 a \vartheta_{\max} = y_0, \quad \frac{kO}{cG}t = x. \quad \text{so wird } y = y_0 e^{-x}.$$



Wird nun die Abszisse x in eine Anzahl gleicher Intervalle Δx geteilt, so ergibt sich wegen der Exponentialfunktion für die Zunahme Δy_k folgende Beziehung:

$$\frac{\Delta y_{k+1}}{\Delta y_k} = e^{-\Delta x} = \text{konstant},$$

d. h. es müssen die Zuwächse von y in gleichen Zeitintervallen auf einer Geraden liegen.

Hiernach ergibt sich folgende einfache Konstruktion. Die nach der Abschaltung gemessenen Widerstände werden in Funktion der Zeit (gerechnet nach dem Abschaltmoment) graphisch aufgetragen. Die Abszisse wird in eine Anzahl gleicher Teile geteilt. Die Ordinatenzunahmen werden jeweilen von der y -Achse (in der Figur Ω) wie aus der Figur ersichtlich, abgetragen und ergeben die Hilfsgerade HF , die dann zur Extrapolation der Kurve verwendet wird. Auf der Ordinatenachse werden weitere Punkte mit der Eigenschaft $AB = CB$ mit Hilfe einer Aehnlichkeitskonstruktion ermittelt. Durch Verlängerung der Geraden CB bis zum Schnitt mit der entsprechenden Ordinate erhält man den Kurvenpunkt D . Auf diese Weise werden auch weitere Punkte gewonnen, schliesslich auch der Anfangspunkt der Kurve (in der Figur der Punkt G), OG ist der gesuchte Widerstand der warmen Wicklung. Es empfiehlt sich, längere Zeit nach dem Abschalten etwa 15 Minuten Widerstandsmessungen in Zeitintervallen von 1–2 Minuten vorzunehmen. Es soll noch auf eine Schwierigkeit bei den Widerstandsmessungen, die besonders bei grossen Transformatoren und Generatoren auftritt, hingewiesen werden und der bei der Aufnahme von Abkühlungskurven unbedingt Rechnung getragen werden muss. Wegen der Induktivität der Wicklung erfolgt die Einstellung auf den stationären Gleichstromwert erst nach einer durch die Zeitkonstante des Stromkreises bestimmten Zeit, die in bestimmten Fällen auch einige Minuten betragen kann. Durch den Einbau entsprechender Dämpfungswiderstände in den Gleichstromkreis kann jedoch der Einschaltvorgang auf Sekunden reduziert werden.

Technische Mitteilungen. – Communications de nature technique.

Der elektrische Warmwasserhahn (Perlahahn) der Aktiengesellschaft Oederlin & Cie., Baden. Dieser Warmwasserhahn besteht im wesentlichen aus zwei konzentrisch angeordneten, dünnwandigen Metallzylindern, wovon der innere die elektrischen Heizeinrichtungen einschliesst. Durch ein am Boden der senkrecht stehenden Zylinder angebrachtes Rohr, wird das kalte Wasser zugeführt. Dieses durchfliesst den durch die Zylinder absichtlich eng bemessenen Zwischenraum, wobei die Wärmeabgabe an die Flüssigkeit erfolgt, welche letztere durch einen Ueberlauf austritt. Die Zylinder stehen also nur unter dem geringen statischen Druck, der im Durchflussraum befindlichen Flüssigkeit. Die stromführenden Teile des Apparates kommen mit der Flüssigkeit nicht in Berührung, daher kann der Perlahahn an Gleich- oder Wechselstrom angeschlossen werden. Auch sind sämtliche berührbaren metallischen Teile, welche normalerweise nicht unter Spannung stehen, geerdet. Der Anschluss des Hahnes kann an Leitungen mit beliebigem Druck erfolgen; die Zuflussmenge kann ausser am eigentlichen Ventilhahn auch durch einen am Anschlussstück angebrachten Regulierhahn eingestellt werden.

Der Hahn ist in zwei Ausführungsformen erhältlich. In der einen, Fig. 1, wird ein mit dem Ventilhahn direkt gekuppelter Drehschalter zwang-

läufig geschlossen und geöffnet. Die Stellung des Hahnes selbst ist je nach der Durchflussmenge an einer Skala ersichtlich. In der andern Ausführungsform, Fig. 2, wird der Schalter separat montiert; derselbe kann aber nur eingeschaltet werden, wenn vorerst der Ventilhahn geöffnet ist. Erst dann kann der Griff von diesem abgenommen und im Dosenschalter eingesetzt werden, umgekehrt muss beim Abstellen der Dosenschalter zuerst betätigt, d. h. das Element ausgeschaltet und hierauf mit demselben Schaltergriff der Hahn zuge dreht werden.

Bei beiden Ausführungsarten sind die Heizelemente leicht auswechselbar. Der Stromanschluss erfolgt normalerweise durch einen zweipoligen Stecker. Die Zuleitungskabel sind durch einen geerdeten Metallschlauch geschützt.

Versuche der Firma Oederlin mit einem Perlahahn in Verbindung mit einem Warmwasserspeicher haben ergeben, dass die Wassertemperatur, im oberen Teile des Speichers gemessen, nur um einen Grad tiefer war, als diejenige am Austritt des Hahnes. Während 24 Stunden ist die Wassertemperatur im Speicher bei 4 cm dicker Isolierung um 18% gesunken. Wichtig ist ferner, dass ein Speicher, welcher auf diese Weise an einen Hahn angeschlossen ist, nicht unter dem vollen Leitungsdruck steht, und daher selbst bei