Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 10 (1919)

Heft: 9

Artikel: Über den Einfluss des Skalencharakters auf die Reibungsfehler elektrischer Messinstrumente

Autor: Imhof, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057152

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: 22.08.2025

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

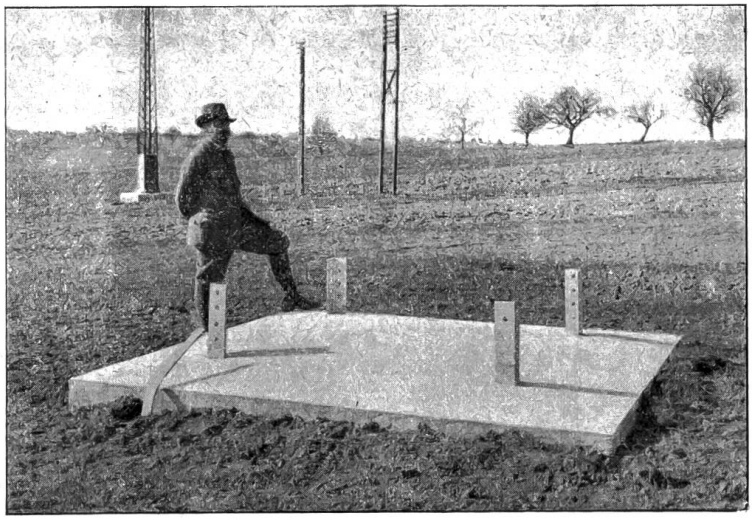

Fig. 10.

massiven Fundamenten. Der Bau derselben erfordert daher wesentlich weniger Zeit und Geld.

2) Der Materialtransport, d. h. die Zufuhr des Betonmaterials und die Abfuhr des Aushubes verringert sich in gleichem Verhältnis und damit auch der Kulturschaden.

3) Der Umstand, dass nur vier Betonköpfe von je zirka 40 ÷ 50 cm Durchmesser aus dem Boden hervorragen, dazwischen aber der Boden kulturfähig ist, dürfte sich bei Erwerbung der Durchleitungsrechte vorteilhaft erweisen.

Das beschriebene neue Verankerungsverfahren ist Herrn G. Hoffmann, Abteilungsvorstand bei der A.-G. Motor, patentrechtlich geschützt.

Ueber den Einfluss des Skalencharakters auf die Reibungsfehler elektrischer Messinstrumente.

Von *A. Imhof*, Dipl.-Ing., Zürich.

1. Einleitung.

Verfolgt man die Geschichte der elektrischen Messinstrumente, so bemerkt man die Tendenz, den Energieverbrauch derselben möglichst herabzusetzen. Die Gewichte der beweglichen Systeme wurden im Laufe der Zeit immer mehr reduziert, so dass man auch die Richtmomente, d. h. die den Zeiger in die Nullage zurückführenden Drehmomente verkleinern konnte. Infolge der auch bei feinster Lagerung von Stahlspitzen in Edelsteinen unvermeidlichen Reibung kann das System-Drehmoment nicht beliebig reduziert werden, da sonst eine exakte Einstellung durch die Reibung verhindert wird. Diese sogen. Verstellung wird natürlich umso geringer, je grösser das Richtmoment in bezug auf das Systemgewicht ist. Zur raschen und oberflächlichen Beurteilung eines Instrumentes in mechanischer Hinsicht wurde der Begriff des Gütefaktors γ [1]) eingeführt:

$\gamma = \frac{D_r}{G}$, worin D_r = Richtmoment in $cm \cdot g$; G = Gewicht des beweglichen Systems in g

bedeutet. Gute Werte von γ sind für horizontale Achsen etwa oberhalb 0,07 cm bei Schalttafelinstrumenten und 0,1 cm bei Präzisionsinstrumenten. Etwas kleinere Werte gelten für vertikale Achsen. Da die Reibung nicht genau proportional dem Gewicht ist und ausserdem sehr von der Ausbildung der Steine und Spitzen abhängt, wird diese Erfahrungszahl mit Recht nur als etwas sehr Ungefähres bewertet. Zur genaueren Beurteilung muss die Lagerbeschaffenheit, das Gewicht des beweglichen Systems an und für sich berücksichtigt werden, dann aber auch noch eine Reihe weiterer Beziehungen, deren Einfluss nicht vernachlässigbar ist. Vergleicht man zwei Instrumente auf Grund ihres Gütefaktors, so ist namentlich auch der Skalencharakter zu berücksichtigen.

Die Einführung einiger Namen für die graphische Darstellung von Funktionen geschieht im Interesse der kürzern und präziseren Darstellungsweise.

[1]) In Heinke: „Handbuch der Elektrotechnik, Die Messtechnik 2“, Fünfte Abt. S. 37 erwähnt unter dem Namen „mechanischer Sicherheitsfaktor“.

2. Charakteristiken.

Das Messinstrument diene zur Messung der Grösse X (Spannung, Stromstärke, Leistung usw.). Der Zeiger-Ausschlagwinkel, von der Nullstellung aus gemessen, sei mit φ bezeichnet. Man nennt die Beziehung zwischen φ und X: $\varphi = f(X)$ die *Skalencharakteristik.* Auf das bewegliche System wirken zwei Drehmomente in entgegengesetztem Sinne: Das Richtmoment D_r und das elektrische Drehmoment D_e. Allgemein bezeichnen wir die Drehmomente am beweglichen System mit D. Die Beziehung $D = f(\varphi)$ bei konstantem X nennen wir *Drehmomentcharakteristik für konstante Messgrösse.* Diese bedingt den Skalencharakter. Das Richtmoment in Funktion des Ausschlagwinkels wird bei Spiralfedern und Suspensionsbändern graphisch durch eine Gerade durch den Nullpunkt, bei Gewichtssystemen durch eine Sinuslinie dargestellt. Das bewegliche System des Instrumentes dreht sich solange, bis das Richtmoment entgegengesetzt gleich dem elektrischen Drehmoment wird ($D_e = -D_r$). Ist das Drehmoment $D_r = o$, so geht die Drehung so weit, als das Richtmoment D_e denselben Drehsinn, z. B. den positiven, beibehält. Damit also der Zeiger einen gewollten Skalenwinkel überstreicht, darf das elektrische Drehmoment D_e über diesen Winkel den Drehsinn nicht wechseln. Die mathematische Bedingung hiefür wird durch die Gleichung ausgedrückt:

$$D_e = K\frac{dy}{d\varphi} \quad \text{woraus wir erhalten:} \quad y - y_o = \frac{D_e}{K}\int d\varphi.$$

Hierin bedeutet K eine Konstante, y eine Variable, welche also von der Zeiger-Nullstellung bis zur Endstellung bei jedem Messinstrumente stets wachsen, oder stets abnehmen, d. h. sich stets im selben Sinne verändern muss. Bezeichnen wir das Produkt aus innerer Kapazität und Hebelarm der am beweglichen System angreifenden Kraftresultierenden mit Kapazitätsmoment, analog das Produkt aus magnetischem Widerstand und Hebelarm als Moment des magnetischen Widerstandes usw., so ist y bei elektrostatischen Instrumenten das Kapazitätsmoment, welches mit zunehmendem Ausschlagswinkel φ wachsen muss, bei elektromagnetischen und dynamometrischen Instrumenten das Moment des magnetischen Widerstandes, das abzunehmen trachtet usw. Die Funktion $y = f(\varphi)$ bei konstantem X nennen wir *Integrationscharakteristik.*

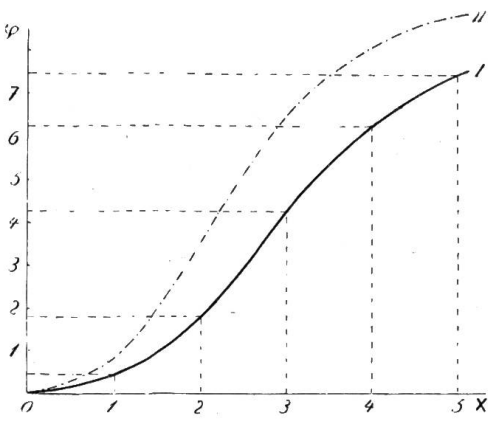

Fig. 1.

Die Grösse y ist also ein Produkt aus 2 Faktoren, welche sich dadurch wesentlich unterscheiden, dass der eine das Charakteristikum des Produktes trägt, der andere nicht. Beispielsweise muss die innere Kapazität bei statischen Instrumenten mit φ wachsen, der Hebelarm kann wachsen.

Von Einfluss auf die Skalenform ist ferner die *Drehmomentcharakteristik für konstanten Ausschlag* φ; $D_e = f(X)$ bei konstantem Ausschlagswinkel φ. Wenn die Drehmomentcharakteristik für eine konstante Messgrösse X gegeben ist, so ist es auch die Integrationscharakteristik. Von den vier Charakteristiken müssen zwei unabhängige bekannt sein, um die übrigen konstruieren zu können. An einem fertigen Instrumente lässt sich die Skalencharakteristik ohne weiteres experimentell aufnehmen. Auch die Drehmomentcharakteristiken lassen sich leicht experimentell bestimmen, nur muss dann das Deckglas entfernt werden.

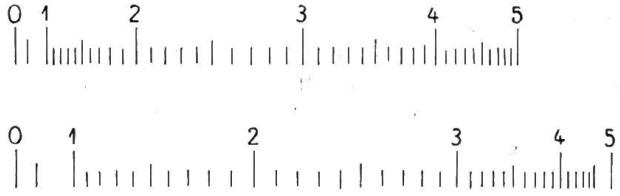

Fig. 2.

In Fig. 1 ist eine Skalencharakteristik dargestellt (ausgezogene Kurve); die obere Skala der Fig. 2 verdeutlicht dieselbe. Für dasselbe Instrument zeigt Fig. 3 die Drehmomentcharakteristik für konstanten Ausschlagswinkel φ. Diese zweite Charakteristik ergibt sich

aus dem physikalischen Prinzipe des betreffenden Instrumentes. Bei „Serie-Instrumenten" z. B. dynamometrischen Volt- und Ampèremetern ist die Drehmomentcharakteristik eine parabolische Kurve, bei „Nebenschluss-Instrumenten" wie z. B. Drehspul-Instrumenten ist sie eine Gerade. Um diese Kurve experimentell aufzunehmen hält man den Zeiger in irgend einer Lage fest und misst vorerst das zugehörige Richtmoment durch Anhängen eines kleinen Laufgewichtes (am besten aus Aluminiumdraht). Das Instrument muss dabei horizontal gehalten werden. Das Laufgewicht mit dem Achsenabstand multipliziert ergibt das Richtmoment. Legt man nun Spannung an (allgemein die Messgrösse), so muss

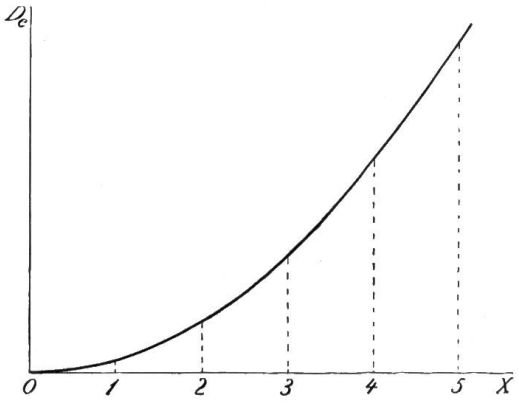

Fig. 3.

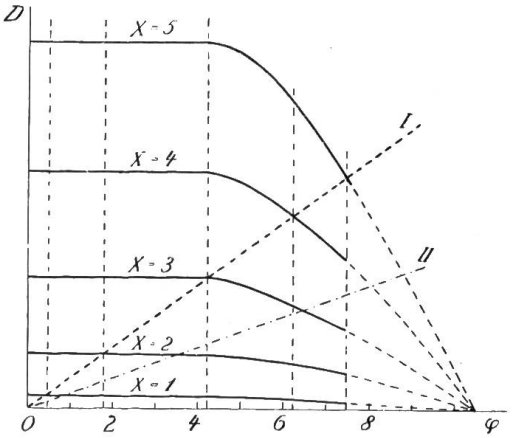

Fig. 4.

das Laufgewicht umsomehr nach dem Zentrum zugeschoben werden, je höher die Messgrösse ist. Der Betrag dieser Momentabnahme ist gleich dem elektrischen Drehmoment, das graphisch dargestellt die Charakteristik der Fig. 3 ergibt. Fig. 4 zeigt die aus Fig. 1 und 3 konstruierte Drehmomentcharakteristik für konstante Messgrösse X. Die ausgezogene Gerade stellt das Richtmoment dar. Den Schnittpunkt jeder D_e-Linie mit dieser Geraden findet man mit Hülfe der Skalencharakteristik; die übrigen Punkte dann mit Benützung von Fig. 3. Fig. 5 zeigt die aus der letztern durch graphische Integration erhaltene Integrationscharakteristik. Ich glaube, dass ich mir eine ausführlichere Erklärung für diese Konstruktionen ersparen kann, da sie keine Schwierigkeiten bieten. Die Reihenfolge der Konstruktion der Charakteristiken muss nicht notwendigerweise die hier eingeschlagene sein.

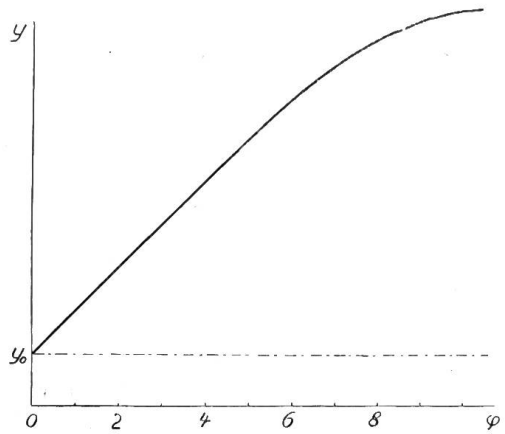

Fig. 5.

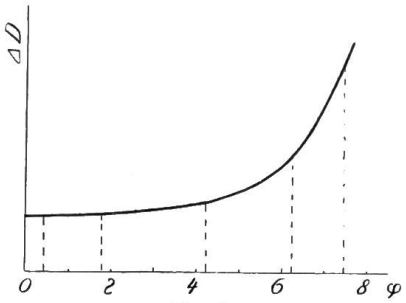

Fig. 6.

3. Der Skalencharakter.

Die vier Charakteristiken geben über alle in diesem Abschnitt zu behandelnden Fragen Auskunft.

a) Möglichkeit des Bestehens einer gewollten Skalenform (gleichbedeutend mit Skalencharakter): Eine Skalenform ist nach Vorstehendem möglich, wenn die Kurven der Integrationscharakteristik ansteigen. Nirgends dürfen sie horizontal verlaufen oder abfallen. Dies lässt sich bei jedem Messprinzip auch durch energetische Ueberlegungen nachweisen.

b) Beziehung zwischen Skalenform und Richtmoment: In Fig. 1 ist die Kurve I die Charakteristik einer Skala bei dem Richtmoment I der Fig. 3. Unter Annahme eines Richtmomentes II in Fig. 4 wurde die Skalencharakteristik II erhalten (verdeutlicht durch die untere Skala der Fig. 2). Allgemein lässt sich so folgendes feststellen:

Eine Richtmoment-Veränderung verändert den Skalencharakter, sie bedingt nicht eine affine Umformung (etwa mit der X-Axe als Affinitätsaxe).

Eine Erweiterung des Skalenanfanges vermindert das Richtmoment. Die Grössenbeträge dieser Aenderungen sind bedeutend. Da das Richtmoment den Zähler des Gütefaktors bildet, so dürfen wir zwei Instrumente in dieser Hinsicht nicht vergleichen, ohne sie auf gleiche Skalencharakteristik zu reduzieren. Andernfalls können die Fehler bis ca. 100 % betragen. Das zeigt auch den wichtigen Einfluss der Skalenform auf die Verstellung, weil diese, bei sonst gleichen Bedingungen, umso grösser ist, je kleiner das Richtmoment ist.

c) Beziehung zwischen Drehmomentcharakteristik für konstantes X und Verstellung: Der Schnittpunkt der Kurven des elektrischen und des mechanischen Drehmomentes (siehe Fig. 4) bestimmt die Lage des Zeigers bei der betreffenden festgehaltenen Messgrösse. Je mehr sich nun der Schnittpunktstangentenwinkel beider Kurven einem rechten Winkel nähert, desto kleiner muss die Verstellung aus der genannten Zeigerlage sein, damit die Differenz aus elektrischem und mechanischem Drehmoment grösser wird als das Reibungsmoment. Daraus folgt, dass unter sonst gleichen Bedingungen bei linearer Skala die Verstellung über den ganzen Drehwinkel gleich bleibt, während sie bei parabolischen und daraus abgeleiteten Skalen, bei kleinen Zeigerausschlägen grösser ist, als bei weiten Ausschlägen (vergl. Fig. 6 wo $\triangle D$ die Differenz von Richtmoment und elektrischem Moment bedeutet).[1]) Für die Verstellung pro Skaleneinheit gilt dies in noch erhöhtem Masse. Wie in irgend einem Falle die Verstellung mit der Skalencharakteristik von diesem Gesichtspunkte aus zusammenhängt, ersieht man sofort aus der Momentencharakteristik (Fig. 4).

Es sei an dieser Stelle bemerkt, dass auch andere Ursachen die Verstellung über verschiedene Skalenpartien varieren lassen. Die beweglichen Systeme aller Wechselstrom-Messinstrumente vibrieren, wenn auch kaum bemerkbar. Dies verhindert zumteil das Auftreten ruhender Reibung und verringert hiedurch die Verstellung gegenüber dem stromlosen Instrument.

Der hier wohl erstmalig eingeschlagene Weg, die Messinstrumente an Hand der vier Charakteristiken zu untersuchen, lässt eine grosse Zahl weiterer Schlüsse ziehen, namentlich über die Skalenbilder, den Energieverbrauch, die Empfindlicheit und die Dämpfung.

Miscellanea.

Gusseiserner Stangensockel „Choindez". Die von Roll'schen Eisenwerke haben an einem gusseisernen Stangensockel der bernischen Kraftwerke eine Reihe von Verbesserungen vorgenommen, wodurch seinerzeit beanstandete Mängel und Nachteile beseitigt und die dem alten Modell zuerkannten Vorteile noch vergrössert worden sein sollen. Der Sockel kann auch für hölzerne Tragwerke von Bahnkontaktleitungen Verwendung finden.

Ueber die vorgenommenen Verbesserungen geben die nachstehenden Figuren Aufschluss. Diese sollen durch Vermehrung und Vergrösserung der Ventilationsöffnungen im Sockeloberteil, behufs kräftiger Entlüftung und leichter Kontrolle der Stange; durch Anbringen von besonderen Keilbahnen im Sockeloberteil zur Geradführung der Keile; ferner durch Anfertigung von Gusskeilen mit Schraubensicherung für Tragmasten elektrischer Bahnen, Stangen in Winkelpunkten, Bahnkreuzungen etc. und endlich durch Vergrösserung des Wulstes am Sockelunterteil behufs Erzielung einer grössern Auflagefläche erreicht worden sein. Durch diese Verbesserungen soll dem Bedenken, welche namentlich die ungenügende Ventilation, die Kontrollunmöglichkeit und die Verkeilung der Stange betreffen, Rechnung getragen werden.

[1]) Ohne Untersuchung der Ursache schreiben R. O. Heinrich und D. Bercovitz im „Handbuch der Elektrotechnik" v. Heinke, Messtechnik 2, Fünfte Abt. S. 14: „Die durch schlechte oder beschädigte Lagerung bedingten Störungen machen sich durch indifferente Einstellung des Zeigers, besonders in der Nullage und den Anfangsteilen der Skala bemerkbar."