Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 12 (1921)

Heft: 5

Artikel: Über die Mittel zur Beeinflussung des Skalencharakters von Messinstrumenten

Autor: Imhof, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057108

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: 08.08.2025

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

geändert, obwohl jetzt die Gruppe eine Spannung von 500 kV gegen Erde entwickelt. Der Vorpann-Transformator liefert über die Klemmen V_1 und V_2 die Erregung des Haupttransformators zu den Klemmen H_1 und H_2, bei dem jetzt ebenfalls die Schubwicklung in Funktion tritt. (Dank diesen Schubwicklungen kann der maximale Spannungsabfall der Gruppe bei der vorgesehenen Belastung von 100 kVA auf maximal 25 % gehalten werden.) Die isolierte Aufstellung der beiden Transformatoren macht noch eine zweckmässige abgerundete Ausbildung der Eisenteile, speziel des Haupttransformators zur Bedingung, um die Coronabildung möglichst zu reduzieren. Grosse Krümmungsradien der Gussteile und Abdeckung scharfer Kanten mit abgerundeten Blechen erfüllen diesen Zweck.

Wie schon vorher erwähnt, ist die Gruppenleistung auf 100 kVA angesetzt worden, da dieselbe reichlich allen Anforderungen der Prüfanstalt genügt. Es darf nicht unbemerkt bleiben, dass die vorgeschriebene Schaltungsart natürlich auch die Verwendung wesentlich kleinerer Leistungen gestattet, wie z. B. in Verbindung mit Gleichrichtern für Staub- und Gasreinigung oder ähnliche Zwecke, für welche bekanntlich nur Leistungen von maximal 20 kVA in Frage kommen. Dass die Schaltung natürlich ebensogut für die Oeltype vorteilhafte Verwendung findet, braucht nicht erwähnt zu werden.

Zu dem Lufttransformator zurückkehrend darf noch die Frage gestellt werden, ob derselbe nicht auch als Leistungstransformator ausgebildet werden könnte. Ohne heute schon in dieser Beziehung ein abschliessendes Urteil bilden zu wollen, darf gesagt werden, dass die Lösung dieser Aufgabe keine unüberwindlichen Schwierigkeiten, sowohl vom Standpunkte der Erwärmungsfrage wie auch der Abstützungsfrage bietet.

Ueber die Mittel zur Beeinflussung des Skalencharakters von Messinstrumenten.

Von Dipl. Ing. *Alfr. Imhof,* Winterthur.

In der Praxis des Messinstrumentenbaues sind viele Mittel üblich, um den Skalencharakter, d. h. die Funktion zwischen Zeigerausschlagwinkel und Messgrösse zu beeinflussen. Man sucht damit z. B. eine Skala proportional zu teilen, oder das Skalenende weit zu gestalten usw. Zweck dieser Arbeit ist es, auf solche Mittel in ganz allgemeiner Form einzutreten, während spezielle konstruktive Ausführungen nur als Beispiele behandelt werden. Dazu mussten die Vorgänge bei der Einstellung des Zeigers analysiert werden. Man gewinnt auf diese Weise gleichzeitig die Grundlage zur Behandlung weiterer, sonst nicht so deutlich übersehbarer Erscheinungen bei Messinstrumenten, wie z. B. der früher von mir erklärte Einfluss des Skalencharakters auf die Reibungsfehler.[1])

Die ganze Behandlung des Themas stützt sich auf die unten folgenden Charakteristiken. Wir bezeichnen die Grösse, welche vom Instrument gemessen werden soll, kurz mit Messgrösse x, den Zeigerausschlagwinkel, von der Nullstellung aus gemessen, mit φ. Die Funktion $\varphi = f(x)$, graphisch dargestellt, nennt man meist Skalenbild oder auch Skalencharakteristik. Auf das bewegliche System des Instrumentes wirken zwei Drehmomente in entgegengesetztem Sinne: Das durch die Messgrösse x erzeugte Messmoment D_m und das den Zeiger in die Nullage zurückführende Richtmoment D_r (erzeugt durch Spiralfedern, Gewichte usw.). Der Zeiger bewegt sich über einen solchen Winkel φ, dass sich die beiden Momente aufheben, d. h. bis zum Schnittpunkt der Linien, welche das Messmoment D_m bezw. das Richtmoment D_r in Funktion des Zeigerausschlagwinkels φ darstellen. Allgemein nennen wir $D = f(\varphi)$ die Drehmomentcharakteristik für konstante Messgrösse; letztere ist dabei ein Para-

[1]) Bulletin des S. E. V. 1919, S. 266.

meter. Ausser dieser Funktion ist auf den Charakter der Skala die Beziehung $D_m = f(x)$ für konstanten Ausschlagwinkel φ von Einfluss. Wir nennen die graphische Darstellung dieser Funktion Drehmomentcharakteristik für konstanten Ausschlag. Aus dieser entnimmt man die Parameterwerte für die Kurve $D_m = f(\varphi)$. Anstatt von Drehmomenten könnten wir auch von Kräften sprechen. Dies würde wesentlich nichts ändern.

Durch ein physikalisches Gesetz gegeben ist die Drehmomentcharakteristik $D_m = f(x)$ für konstantes φ. Meist wächst die Drehmomentcharakteristik D_m linear oder quadratisch mit x, selten sinusförmig oder nach einer anderen Funktion. Daran können wir nichts ändern. Bei einem Ferraris-Strommesser wächst beispielsweise D_m mit dem Quadrat des Stromes, bei einem elektrostatischen Spannungsmesser mit dem Quadrat der Spannung. Von der Konstruktion des Messinstrumentes abhängig ist dagegen die Drehmomentcharakteristik $D_m = f(\varphi)$, $x =$ konstant und $D_r = f(\varphi)$. Alle wichtigeren Mittel zur Beeinflussung der Skalencharakteristiken beruhen auf besonderer Formgebung dieser Kurven.

Durch die beiden Drehmomentcharakteristiken ist die Skalencharakteristik bestimmt. Der Zusammenhang der drei Charakteristiken kann am besten an einem einfachen Beispiel erläutert werden. Ich wähle den Fall des *Drehspul*instrumentes nach Deprez-d'Arsonval. Bei konstanter Lage des Drehsystems (bezw. des Zeigers) wächst das elektrische Drehmoment D_m proportional mit der Stromstärke (Fig. 1).

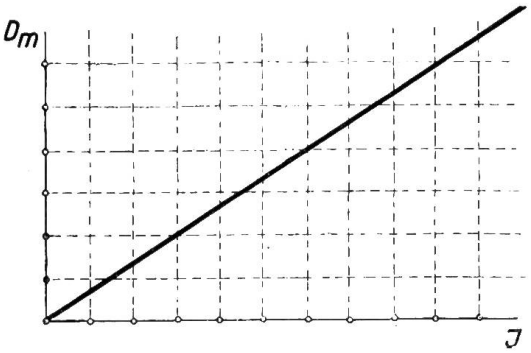

Fig. 1

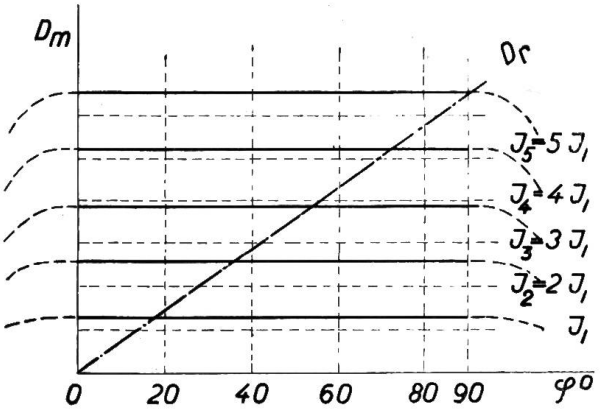

Fig. 2

Lässt man aber die Stromstärke konstant und misst das Drehmoment D_m bei verschiedenen Ausschlagwinkeln φ, so ist dieses proportional der Feldstärke, verläuft also wie eine der Kurven von Fig. 2. Die übrigen Kurven dieser Abbildung erhält man durch Uebergang zu andern, über den Ausschlag konstant bleibenden Stromstärken. Zieht man irgend eine Ordinate, so müssen auf dieser von den Kurven gleiche Teile herausgeschnitten werden, was unmittelbar aus Fig. 1 folgt. Wählen wir zur Erzeugung des Richtmomentes D_r wie stets in solchem Falle Spiralfedern, so ist $D_r = f(\varphi)$ eine Gerade durch den Koordinatennullpunkt. Die Abszissen von deren Schnittpunkten mit den Kurven des elektrischen Drehmomentes $D_m = f(\varphi)$ für die Ströme J_1, J_2, J_3, J_4 geben die proportional anwachsenden Ausschläge φ_1, φ_2, φ_3, φ_4, φ_5 (in Fig. 1 nicht angedeutet). Wir erhalten also in diesem Falle gleichmässig geteilte Skala.

Im folgenden haben wir uns vor allem mit den Charakteristiken $D = f(\varphi)$ zu beschäftigen und erinnern deshalb an einige allgemeine Gesetze über die Kurven $D_m = f(\varphi)$. Der gegenseitige Abstand Δ dieser Kurven auf irgend einer Ordinate (D_m-Axe) ist durch die Beziehung $D_m = f(x)$ gegeben; nicht immer deren Grösse, das relative Verhältnis dagegen bleibt sich für alle Winkel φ dasselbe, d. h. die Kurven $D_m = f(\varphi)$ für die Parameter $x_1, x_2 \ldots x_n$ sind alle normal affin mit der φ-Axe als Affinitätsaxe. Sind es parallele Geraden, so müssen sie also der φ-Axe parallel verlaufen. In jedem Fall schneiden sie sich auf der φ-Axe.

Ist das Drehmoment $D_r = 0$, so geht die Drehung soweit, als D_m denselben Drehsinn beibehält. Damit also der Zeiger einen gewollten Skalenwinkel überstreicht, darf das Messmoment über diesen Winkel den Drehsinn nicht wechseln. Die mathematische Bedingung hierfür wird durch die Gleichung ausgedrückt:

$$D_m = K \frac{dy}{d\varphi}, \quad \text{also } y - y_0 = \frac{1}{K} \int D_m \, d\varphi$$

Hierin bedeutet k eine Konstante, y eine Variable, welche also von der Zeigernullstellung bis zur Endstellung bei jedem Messinstrument stets wachsen muss. Diese Grösse bedeutet physikalisch die vom festen System auf das bewegliche übertragene Arbeit. y ist z. B. bei elektrostatischen Instrumenten proportional der innern Kapazität, bei elektromagnetischen und elektrodynamischen Instrumenten proportional der Selbstinduktion. Die Kurve $y = f(\varphi)$ muss also mit wachsendem φ stets ansteigen über den gewollten Zeigerausschlagwinkel. Man findet y durch Planimetrierung der Kurve $D_m = f(\varphi)$.

Die Richtmomente $D_r = f(\varphi)$ sind in den weitaus häufigsten Fällen aus praktischen Gründen Geraden durch den Koordinatennullpunkt: $D_r = C\varphi$. Dies stets bei Anwendung von Spiralfedern oder Torsionsbändern. Nicht selten benützt man auch sogen. Gewichts- oder Schwerpunktsysteme $D_r = K \cos \varphi$ oder eine Kombination dieser mit dem erstern Fall. Vereinzelt gibt man dieser Kurve eine allgemeinere, empirisch festgestellte Form. Das bekannteste Beispiel hierfür ist die von Siemens & Halske für ihre Induktionsinstrumente angewandte Wälzhebelvorrichtung, eine zwar wohl etwas unnötige Komplikation.

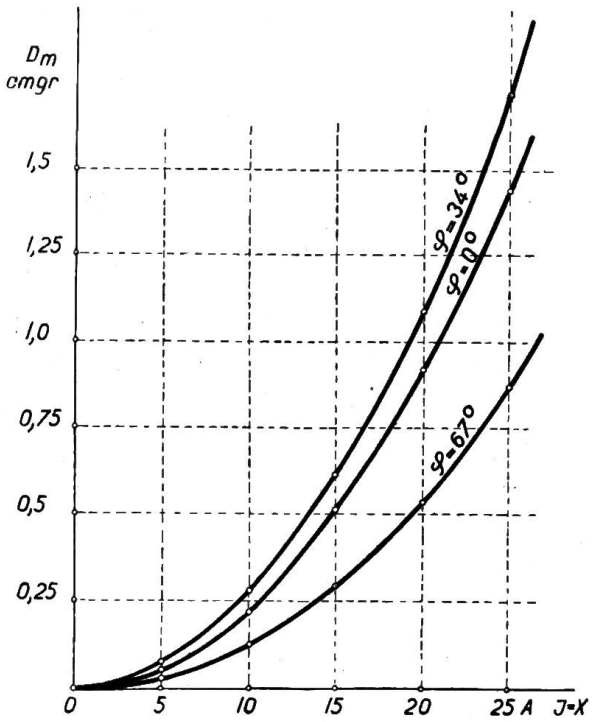

Fig. 3

Wir ziehen nun eine Reihe von Schlüssen aus den dargestellten Charakteristiken. Zu dem Zweck zunächst ein Beispiel. Fig. 3 stellt die experimentell bestimmte Drehmomentcharakteristik $D_m = f(x)$, für konstantes φ dar an einem elektromagnetischen System, bei welchem ein Weicheisenblech in den schmalen Hohlraum einer stromdurchflossenen Spule gezogen wird. Die Kurven sind angenähert Parabeln. Fig. 4 zeigt für dasselbe System, die auch experimentell erhaltene Drehmomentcharakteristik $D_m = f(\varphi)$, für konstante Messgrösse x und $D_r = f(\varphi)$. Es würde vollauf genügen, bei einem Wert φ die Kurve $D_m = f(x)$ experimentell zu bestimmen und ebenso bei einem Wert von x die Kurve $D_m = f(\varphi)$. Die übrigen Kurven lassen sich dann leicht konstruieren. Fig. 5 ist die aus Fig. 4 konstruierte Skalencharakteristik (Kurve I). Die punktierten Teile der Fig. 4 sind durch Extrapolation erhalten unter Beachtung der Tatsache, dass sich die Kurven auf der Abszisse schneiden und dass die beiden Schnittpunkte 180° auseinanderliegen müssen.

Wir ersehen nun leicht folgendes:

1. Eine Veränderung des dem Zeigerausschlag proportionalen Richtmomentes bewirkt im allgemeinen nicht nur eine Veränderung der Skalenlänge, sondern oft auch eine erhebliche Veränderung der Skalencharakteristik. Ausnahmen bilden die praktisch ziemlich häufigen Fälle, in denen die Linien $D_m = f(\varphi)$ parallel zur φ-Axe verlaufen. Im allgemeinen bewirkt ein kleineres Richtmoment bei quadratischer

Funktion $D_m = f(x)$ eine Streckung des Skalenanfanges. (Siehe Kurve II in Fig. 5 entsprechend $D_{r\,II}$ in Fig. 4.)

2. Erhebliche Veränderungen des Skalencharakters lassen sich durch Verlegung der Ordinatenaxe in der Charakteristik $D_m = f(\varphi)$ erzielen, d. h. durch Ausnützung verschiedener Kurvengebiete. Tatsächlich macht man von dieser Methode sehr oft Gebrauch (elektrostatischer Spannungsmesser, Ferraris-Instrumente mit elliptischer Scheibe zur Verbesserung des Skalencharakters).

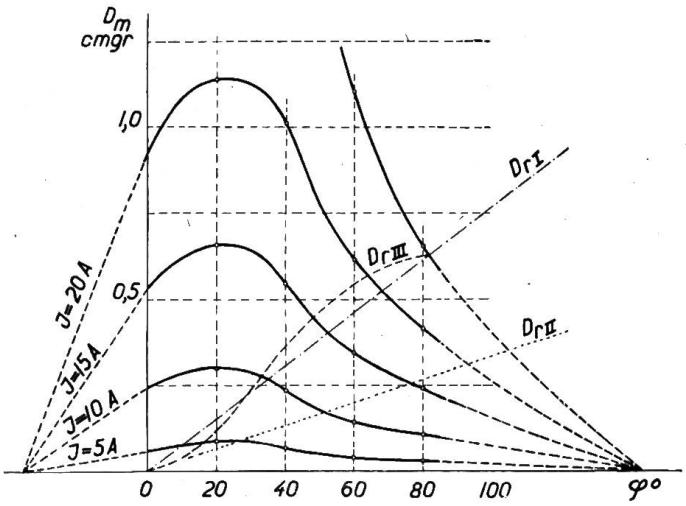

Fig. 4

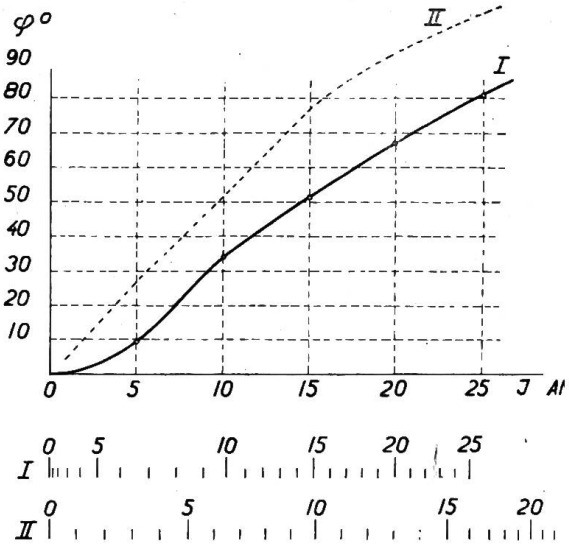

Fig. 5

3. Zieht man in gleichmässigen Abständen in Fig. 4 Ordinaten, so bestimmen deren Schnittpunkte mit den Linien D_m die für proportionale Skala erforderliche Kurve D_r. In Fig. 4 ist so die Kurve $D_{r\,III}$ erhalten worden. Deren praktische Verwirklichung wäre z. B. mit der genannten Wälzhebelvorrichtung möglich. Aus dieser Figur ist leicht ersichtlich, wie die Linien D_r für verschiedene Skalenformen verlaufen müssten.

4. Bei quadratischer Kurve $D_m = f(x)$ ist eine lineare Skala möglich, auch wenn D_r direkt proportional dem Zeigerausschlag φ ist. Dies lässt sich beweisen unter Beachtung, dass stets die drei Bedingungen eingehalten werden müssen: a) Die Kurven $D_m = f(\varphi)$ sind normal-affin zu der Abszisse; b) das Affinitätsverhältnis muss von Kurve zu Kurve quadratisch anwachsen; c) die Schnittpunkte der Geraden $D_r = C\varphi$ mit den Linien $D_m = f(\varphi)$ müssen von einander auf der Geraden D_r gleichen Abstand haben (damit deren Projektionen auf die φ-Axe gleichen Abstand aufweisen).

Oder man kann den Beweis im wesentlichen nach dem Vorgang von Dr. Th. Bruger führen[1]):

$$D_m = K_1 \frac{dy}{d\varphi} \quad \text{wenn } x = \text{konstant}$$

$$D_m = K_2 x^2 \quad \text{wenn } \varphi = \text{konstant.}$$

Da D_m also sowohl $\frac{dy}{d\varphi}$ als auch x^2 proportional ist, wird bei gleichzeitiger Aenderung von $\frac{dy}{d\varphi}$ und x^2

$$D_m = K_1 K_2 \frac{dy}{d\varphi} x^2.$$

[1]) E. T. Z. 1904, S. 822.

Für proportionale Skala ist $x = K_3 \varphi$, was oben eingesetzt ergibt:

$$D_m = k \frac{dy}{d\varphi} \varphi^2.$$

Der Zeiger bewegt sich stets soweit, bis $D_m = D_r = c\varphi$ ist.

$$k \frac{dy}{d\varphi} \varphi^2 = c\varphi \qquad \frac{D_m}{K_1} = \frac{dy}{d\varphi} = \frac{c}{k\varphi} = \frac{k_1}{\varphi}$$

$$y = k_1 \ln \varphi + y_0 .$$

Bruger hat angegeben, bei welcher Spulendisposition ein dynamometrisches Instrument angenähert lineare Skalenteilung bekommt. Der Nachteil besteht darin, dass nicht der totale magnetische Fluss ausgenützt werden kann. Die gleichen Ueberlegungen gelten natürlich nicht nur für dynamometrische Instrumente, sondern für alle Messinstrumente, bei denen das Messmoment mit dem Quadrat der Messgrösse anwächst. Die Ausführbarkeit proportionaler Skalen scheitert meist daran, dass des zu geringen Drehmomentes wegen der Gütefaktor zu klein und damit die Reibungsfehler zu gross würden. Um dies nachzuweisen, führen wir obige Rechnung in genau gleicher Weise nochmals durch, aber unter Annahme der natürlichen, d.h. quadratischen Skala:

$$D_m = K_1 K_2 \frac{dy}{d\varphi} x^2 .$$

Für quadratische Skale ist $x^2 = K_3 \varphi$, was in vorangehende Gleichung eingesetzt, ergibt:

$$D_m = k \frac{dy}{d\varphi} \varphi$$

Der Zeiger bewegt sich soweit, bis $D_m = D_r = c\varphi$ ist.

$$k \frac{dy}{d\varphi} \varphi = c\varphi$$

$$\frac{D_m}{K_1} = \frac{dy}{d\varphi} = \frac{c}{k} = k_1$$

$$y = k_1 \varphi + y_0$$

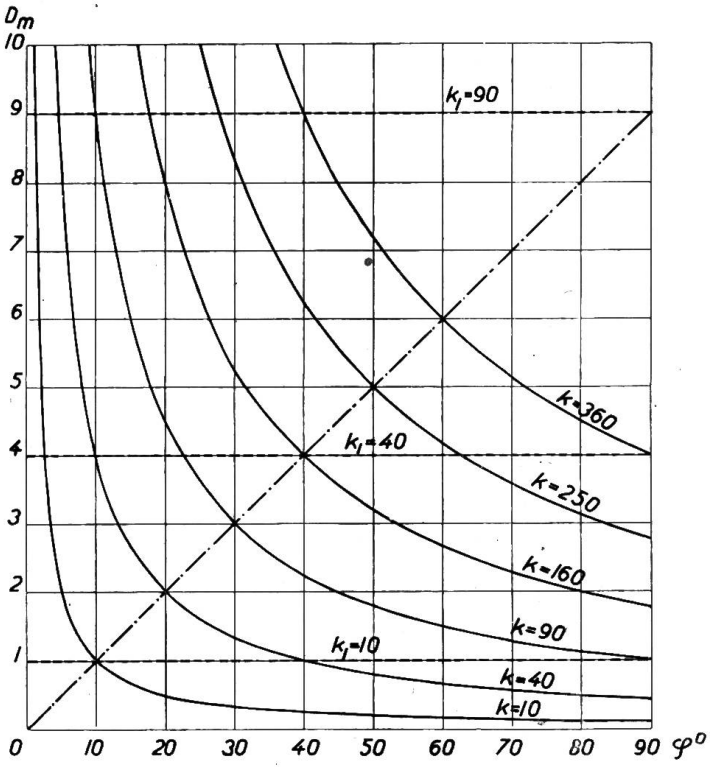

Fig. 6

Die Buchstaben über den Kurven, rechts in dieser Figur sollten sämtlich „k_1" anstatt k heissen.

In Fig. 6 sind die Drehmomentcharakteristiken für konstante Messgrösse dargestellt und zwar sowohl für lineare als auch für quadratische Skala. Es sind dies mit dem Proportionalitätsfaktor $K_1 = 1$ die graphischen Darstellungen der Gleichungen:

$$\frac{dy}{d\varphi} = \frac{c}{k\varphi} \quad \text{(Hyperbeln)}$$

$$\frac{dy}{d\varphi} = \frac{c}{k} \quad \text{(Geraden parallel zur } \varphi\text{-Achse)}.$$

Darin ist ersichtlich, dass für jede Spiralfederkonstante c bei praktischer Verwirklichung der erstern Gleichung proportionale Skalen entstehen, indem auf der Geraden $D_r = c\varphi$ durch die Hyperbeln gleiche Stücke herausgeschnitten werden.

Man sieht aber auch, *dass die Drehmomente bei grossen Ausschlägen für quadratische Skalen sehr viel grösser werden als für lineare.* Bei $k_1 = 40$ ist z. B. für quadratische Skala das Drehmoment $D_r = 4$, bei linearer Skala nur 2,3; bei $k_1 = 90$ im erstern Fall $D_r = 9$, im zweiten Fall nur 3,4 u. s. f. Bei den dynamometrischen Instrumenten ist ein genügendes Drehmoment nur durch geschickte Konstruktion erreichbar, aber wegen des schon bei quadratischer Skala kleinen Drehmomentes würde eine lineare Skala bei elektrostatischen Spannungsmessern geradezu unmöglich, was auch durch den bisher erfolglos gebliebenen Versuch, dies zu erreichen, bekräftigt wird.

Zur Ableitung einiger weiterer Tatsachen diene das Beispiel eines Induktionsinstrumentes (Ferraris-Instrument). Gleiche Charakteristiken würden auch erhalten bei dem Induktionsinstrument mit magnetischer Abschirmung von Benischke, bei den Wirbelstromtachometern, bei den Quecksilber-Friktionstachometern „Atmo" u. s. f. Die Kurve $D_m = f(x)$ ist eine Parabel, und zwar für jedes φ dieselbe, weil die Linien $D_m = f(\varphi)$ der Axe φ parallel bis ins Unendliche verlaufen (Fig. 7). Alle solchen Instrumente könnte man als „motorische" Messinstrumente bezeichnen, weil sie bei Abwesenheit eines Richtmomentes als Motor laufen würden. Sie weisen deshalb auch die Eigentümlichkeit auf, dass der Skalenwinkel beliebig gross sein kann, wenn nur das Richtmoment schwach genug gewählt wird. Man führt sie denn auch oft mit einem maximalen Zeigerausschlag von 270° und noch mehr aus, während es bei andern Instrumenten im allgemeinen nicht leicht ist, bei guter Skala grössere Zeigerausschläge als 90° zu erhalten. Aus Fig. 7 ergibt sich:

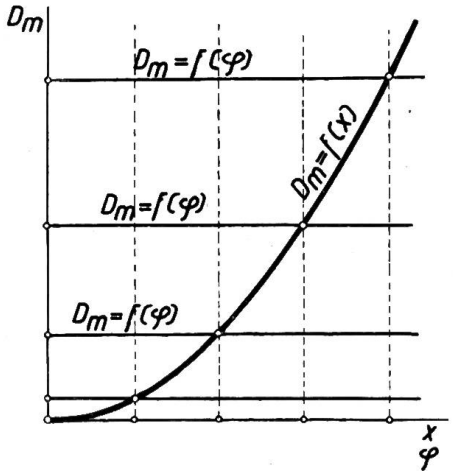

Fig. 7

5. Bei parallelen $D_m = f(\varphi)$ Linien beeinflusst ein verändertes, φ proportionales Richtmoment, den Skalencharakter nicht.

6. Bilden die Linien $D_m = f(\varphi)$ Parallele zu der φ-Axe, so ist es, um eine proportionale Skala zu erhalten, erforderlich, dass die Kurve $D_r = f(\varphi)$ mit der Kurve $D_m = f(x)$ zusammenfällt. Mit andern Worten: Das Richtmoment muss mit wachsendem Zeigerwinkel so zunehmen, wie das Messmoment mit der Messgrösse. Bei gerader Linie $D_m = f(x)$ (Drehspulinstrument) ergibt sich also eine proportionale Skala, wenn das Richtmoment linear mit φ verläuft, d. h. wenn es durch eine Spiralfeder erzeugt ist. Quadratische Skala ergibt sich bei quadratischer Linie $D_m = f(x)$ und Fall 5 dann, wenn das Richtmoment linear mit φ wächst. Eine lineare Skala ist allein möglich durch geeigneten Verlauf des Richtmomentes D_r. Untersucht man aber nach der früher von mir angegebenen Methode die Frage der Reibungsfehler, so findet man, dass diese im Skalennullpunkt und seiner Nähe auch bei hohem Gütefaktor $\left[= \frac{\text{Drehmoment bei } 90^0 \text{ Ausschlag in cm gr}}{\text{Gewicht des beweglichen Systems in gr}}\right]$ sehr gross werden, der Nullpunkt ist schlecht definiert. Es ist auch praktisch meist gar nicht nötig, dass eine Skala bis zu den kleinsten Werken proportional sei, inbesondere gilt dies für Voltmeter.

Bei Instrumenten mit Torsionsrückstellung (beispielsweise wie bei den alten Siemens'schen Torsionsdynamometern) ist die Skalencharakteristik identisch mit der Drehmoment-Charakteristik $D_m = f(x)$ $\varphi =$ konstant. Deren Skala ist also durch das physikalische Prinzip des Instrumentes gegeben und lässt sich nur durch solche Mittel beeinflussen, welche einen nicht proportionalen Teil der Messgrösse absorbieren. Ich möchte sie die natürliche Skala nennen. Die günstigste Nullage (grösste Empfindlichkeit) ergibt sich aber aus der Charakteristik $D_m = f(\varphi)$, in welcher man die steilste Stelle auszusuchen hat. Im Beispiel der Fig. 4 müsste man etwa

$\varphi = -10^0$ oder $\varphi = 45^0$ wählen. Ohne an dieser Stelle darauf einzugehen, sei bemerkt, dass bei solchen Instrumenten die Empfindlichkeit durch verschiedene Formgebung der Charakteristik $D_m = f(\varphi)$ stark beeinflusst werden kann.

Eine interessante Methode zur Veränderung des Skalencharakters besteht darin, die zu messende Grösse gar nicht in ihrer Gesamtheit und nicht als konstanten Bruchteil derselben, auf das Messinstrument einwirken zu lassen, sondern nur einen, nach bestimmter Funktion variierender Teil derselben. Ein Anwendungsbeispiel für die Erweiterung der Skalenanfangsteilung bieten die Nullvoltmesser von Siemens & Halske A. G.[1]) In gleichem Sinne wie die dort angewandten Lampenvorschaltwiderstände, nur viel weniger stark, wirken die Vorschaltkondensatoren elektrostatischer Spannungsmesser.[2])

Vieles an den Messinstrumenten lässt sich zum voraus so berechnen, dass nichts oder wenig mehr durch den Versuch zu bestimmen ist. Im allgemeinen beobachtet man aber doch, dass weit weniger gerechnet wird als etwa im Bau grösserer Maschinen. Dies erklärt sich z. T. dadurch, dass die an Stelle der Rechnung tretenden Versuche bei Instrumenten billiger ausfallen als bei Maschinen und dass man überhaupt daran manches der Kleinheit der Verhältnisse wegen nicht rechnen kann. Mehr und mehr können aber rechnerische Ueberlegungen Platz greifen, und ich hoffe, mit vorliegender Arbeit einen kleinen Beitrag solcher Art gegeben zu haben.

Ein einfaches Diagramm zur Bestimmung des Spannungsabfalles von Transformatoren.

Von Ing. *J. Rütsch,* Nänikon.

In No. 3 des Bulletin des S. E. V. 1921 ist ein Aufsatz über „Der Spannungsabfall des Transformators" von Prof. Ing. Rob. Edler in Wien, erschienen, in dem ein Diagramm zur Bestimmung des Spannungsabfalles hergeleitet wird aus folgender bekannter Formel:

$$v\,\% = 100\,\frac{e_k}{E_2}\cdot\left(\frac{e_r}{e_k}\cos\varphi + \frac{e_s}{e_k}\sin\varphi\right)$$

Dabei gelten die gleichen Bezeichnungen, wie sie in obigem Aufsatze angegeben sind. Das in den Figuren 14, 15 und 17 in obigem Aufsatz beschriebene Diagramm ist zur schnellen Bestimmung des Klammerausdruckes $\left(\frac{e_r}{e_k}\cos\varphi + \frac{e_s}{e_k}\sin\varphi\right)$ vorgesehen.

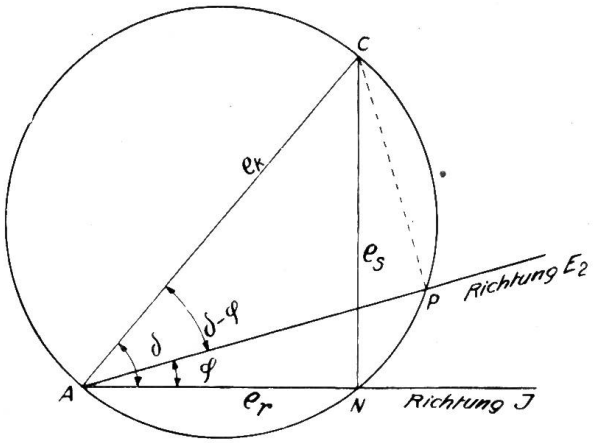

Fig. 1

Die Praxis benützt schon seit Jahren die aus obiger Formel ausgerechneten Kurven, die Prof. Edler in Fig. 16 seiner Arbeit dargestellt hat.

Wenn man nun diesen Koeffizienten näher mit dem Arnold'schen Diagramm der Fig. 12 vergleicht, so erkennt man leicht folgende Beziehungen:

$$\frac{e_r}{e_k} = \cos\delta \quad \text{und} \quad \frac{e_s}{e_k} = \sin\delta\,,$$

[1]) E. T. Z. 1918, Heft 46.
[2]) Bulletin des S. E. V., 1919, Seite 47 ÷ 52.