

Werk

Jahr: 1957

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:23

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0023

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0023

LOG Id: LOG_0016

LOG Titel: Zur Messung der Inklinaton mit Kippspule und langperiodischem Galvanometer

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain there Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Zur Messung der Inklination mit Kippspule und langperiodischem Galvanometer

Von K. Burkhart, Fürstenfeldbruck / Obb.¹⁾

Zusammenfassung: Es gibt zwei Verfahren der Inklinationsmessung mit dem Erdinduktor. Nach der älteren, bereits von *Wilh. Weber* angewandten Methode wird die Spule um 180° gekippt. Eine Stromwendung wie bei der rotierenden Spule ist nicht erforderlich. Die Messung kann aber nur mit einem langperiodischen oder ballistischen Galvanometer durchgeführt werden. Nach der theoretischen Betrachtung werden Beispiele bei *einer* Kippung und nach dem Multiplikationsverfahren berechnet. Als Periode des Galvanometers wurden in beiden Fällen 5 Sekunden angenommen.

Abstract: There are two methods for measurements of the inclination with the earth-inductor. The first and more ancient method (by *Wilh. Weber*) is the tilting of the coil about 180° . The commutation of the current as for the rotating coil is not necessary. But the measurements are only possible with long periodical or ballistical galvanometers. After consideration of the theory examples are calculated for one tilting of the coil and if the multiplication-method is used. The period of the galvanometer is 5 seconds in both cases.

Die Inklinationsmessung mit Erdinduktor und Galvanometer konnte sich schon vor Jahren gegenüber der mit dem Nadel-Inklinatorium durchsetzen, weil sie bedeutend genauere und schnellere Resultate liefert. Es gibt zwei Meßmethoden mit dem Induktor: Drehung oder nur Kippung der Spule. Die Kippmethode ist die ältere und wurde bereits von *Wilh. E. Weber* [1] bei seinem ersten selbstgebauten "Induktions-Inklinatorium" angewendet. Da kein Kommutator vorhanden zu sein braucht, kann eine durchgehende, aber flexible Verbindung zum Galvanometer verwendet werden. Damit entfallen die schlecht kontrollierbaren Kontaktfehler, die fast bei allen Induktoren zu finden sind. Während aber bei Geräten mit Kommutatoren fast alle üblichen Galvanometer verwendet werden können, wenn sie nur die entsprechende Empfindlichkeit haben (ca 10^{-8} Amp.), sind bei den Kippspulen langperiodische oder ballistische Instrumente erforderlich. Kippmessungen lassen sich auch mit Spulen durchführen, die Kommutatoren oder Kollektoren besitzen. Im ersten Fall muß dann nur darauf geachtet werden, daß Spu-

¹⁾ Dr. K. Burkhart, Fürstenfeldbruck / Obb., Erdmagnetisches Observatorium.

lenebene und Unterbrecherstege in derselben Ebene liegen. Wenn die ballistischen Galvanometereine nicht zu große Periode besitzen, so läßt sich die bereits von *Weber* erfundene Multiplikationsmethode anwenden, wonach die Galvanometerausschläge durch systematische Vor- und Rückkippung der Spule verstärkt werden können. Nach dieser Methode erreichte *Weber* bereits eine Genauigkeit von $\pm 2'$. Wegen dieser augenscheinlichen Vorteile führten *D. La Cour* [2] und *W. Uljanin* [3] durchweg Kippmessungen mit Erinduktoren durch, obwohl diese normalerweise für die Drehung mit Kommutatoren eingerichtet waren.

Der Zweck der Mitteilung soll die theoretische Behandlung des elektrischen und mechanischen Vorganges bei der Kippung sein. Diese entspricht einer halben Umdrehung beim Rotationsinduktor. Hat die Spulennachse ungefähr die Inklinationsrichtung, so ist die induzierte EMK, wenn K die Spulenkonstante, Z die Vertikal-, H die Horizontalintensität, $\Delta\beta$ die Höhenabweichung vom Inklinationswinkel β_0 und $\Delta\alpha$ die Seitenabweichung vom Meridian bedeuten:

$$1) \quad E = K \omega_s (\Delta\beta \cdot Z \cdot \sin\beta_0 \cdot \sin\omega_s t - \Delta\alpha H \cdot \cos\omega_s t)$$

Schreibt man für $\Delta\beta \cdot Z \cdot \sin\beta_0 = A$ und für $-\Delta\alpha H = B$, so berechnet sich der Strom unter Berücksichtigung des Widerstandes $(R_{sp} + R_g) = R$ und der Induktivität L der Spule zu

$$2) \quad I = K \omega_s (P \sin(\omega_s t - (\phi_1 + \phi_2)) + Q \cdot e^{-Rt/L})$$

$$\text{mit } P = ((A^2 + B^2) / (R^2 + (\omega_s L)^2))^{1/2}$$

$$\text{und } Q = (A \omega_s L + BR) / (R^2 + (\omega_s L)^2)$$

$$\text{mit } \tan\phi_1 = B/A \quad \text{und} \quad \tan\phi_2 = \omega_s L/R.$$

Der Ausschlag des Galvanometers gehorcht der Gleichung:

$$3) \quad K\ddot{\phi} + F\dot{\phi} + D\phi = q \cdot I.$$

Hier sind K das Trägheitsmoment, F die Reibungskraft, D die Torsionskraft und q die Ablenkungsfunktion des Drehspulsystems. Die Anfangsbedingungen lauten $\phi(0) = \dot{\phi}(0) = 0$. Sobald nach dem Anschlag der Kippspule (nach 180° -Drehung) wird $I = 0$ und damit die Gleichung 3) homogen. Sie erhält aber jetzt als Anfangsbedingungen die Endwerte der inhomogenen Gleichung für $\omega_s t = \pi$.

Durch Einführung eines neuen Zeitmaßes $\tau = t \sqrt{D/K} = 2\pi t / T_g =$

$\omega_g t$ mit T_g als Eigenperiode des Drehspulsystems folgt mit $I = i f(t)$

$$4) \quad \frac{d^2 \phi}{d\tau^2} + 2c_1 \frac{d\phi}{d\tau} + \phi = c_2 f\left(\frac{\tau}{\omega_g}\right), \text{ wo}$$

$E/2\sqrt{DK} = q^2/2R\sqrt{DK}$ (bei magnetischer Dämpfung) $= c_1$ und $i q/D = c_2$.

Die in $f(t)$ auftretenden Kreisfunktionen haben ω_g als Argument. Es entsteht damit der Quotient $v = T_g/T_s$, der für die ballistische Anzeige maßgebend ist. Die Auflösung der Gleichung 4) erfolgt am einfachsten nach der Operatorenmethode getrennt für die Sinus- und Cosinus-Glieder. Es resultiert dann im alten Zeitmaß nach folgenden Zusammenfassungen:

$$c_2 \omega_g K = g; \quad (\Lambda^2 + B^2)^{\frac{1}{2}} = \mathfrak{A}; \quad (R^2 + (\omega_g L)^2)^{\frac{1}{2}} = \mathfrak{R};$$

$$\sigma = \rho / \omega_g = R/L \omega_g; \quad (4v^2 c_1^2 + (1 - v^2)^2)^{\frac{1}{2}} = \mathfrak{Q};$$

$$AR - BL \omega_g = r; \quad AL \omega_g + BR = s; \quad (1 + \sigma^2 - 2\sigma c_1)^{\frac{1}{2}} = \mathfrak{R};$$

und der Phasenwinkel:

$$\phi_1 = \arctg B/A; \text{ (Ph. W. hervorgerufen durch die Achsenlage)}$$

$$\phi_2 = \arctg \omega_g L/R; \text{ (Ph. W. der Spule)}$$

$$\phi_3 = \arctg 2c_1 v/(1 - v^2); \text{ (Ph. W. des Galvanometers).}$$

Für die Dauer der Kippung der Spule die Elongation Ψ_1 des Galvanometers:

$$5) \Psi_1 = \frac{g}{\mathfrak{R} \mathfrak{Q}} \left\{ \mathfrak{A} \sin(\omega_g t - (\phi_1 + \phi_2 + \phi_3)) + \frac{e^{-c_1 \omega_g t}}{\mathfrak{R} \mathfrak{Q}} \left[(rv(2c_1 + v^2 - 1) - s(c_1(1 + v^2) - \frac{\mathfrak{Q}^2}{\mathfrak{R}^2}(\sigma - c_1)) \frac{\sin m \omega_g t}{m} + (2rv c_1 - s(v^2 - 1 + \frac{\mathfrak{Q}^2}{\mathfrak{R}^2})) \cdot \cos m \omega_g t \right] + \frac{s \mathfrak{Q}}{\mathfrak{R} \mathfrak{R}^2} e^{-\rho t} \right\}.$$

Die $\mathfrak{Q}^2$ -Glieder sind so klein, daß sie vernachlässigt werden können. Nachdem die Kippspule den Anschlag erreicht hat, schwingt das Galvanometer im Sinne der homogenen Gl. 3) nach. Ist $t - t_e = t'$ die Zeit nach dem Anschlag, so resultiert für die Elongation Ψ_2 nunmehr.

$$6) \quad \Psi_2 = e^{-c_1 \omega_g t'} \left\{ \Psi_1(t_e) \left[\cos m \omega_g t' + \frac{c_1}{m} \sin m \omega_g t' \right] + \dot{\Psi}_1(t_e) \sin m \omega_g t' \right\}$$

Je nachdem in Gl. 5) und 6) $c_1 \begin{matrix} \geq \\ < \end{matrix} 1$ ist das Galvanometer überaperiodisch, aperiodisch und periodisch. Für die ballistische Anzeige ist notwendig, daß $v = T_g / T_s \gg 1$. Da die Kippung schätzungsweise nur $\frac{1}{4}$ Sekunde dauert, genügt für die Ablesung ein Drehspulsystem mit einer Eigenperiode von 5 bis 10 Sekunden. *Weber* verwendete Instrumente mit einer Periode von 18 Sekunden.

In Fig. 1 wird das für eine Periode von 5 Sekunden berechnete Beispiel gezeigt. Eingezeichnet wurde ferner in einem anderen Maßstab der bei der Kippung in der Spule induzierte Strom unter Berücksichtigung der Phasenwinkel ϕ_1 und ϕ_2 (hier 29.2°). Der Ausschlag der Drehspule beginnt erst, nachdem die Kippung vorüber ist. Im aperiodischen Fall ist die Ablesung nach dem Verlauf einer Sekunde möglich.

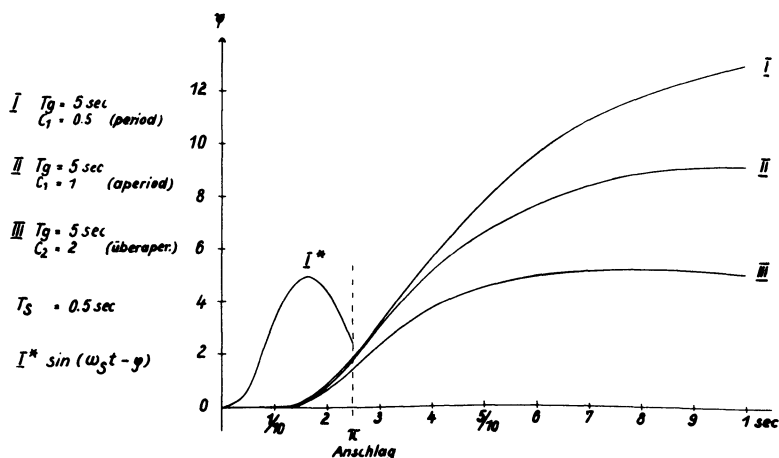


Abb. 1: Galv.-Ausschläge bei versch. Instrumentalkonstanten bei Spulenkippung um 180° .

Fig. 2 zeigt Elongationen nach der Multiplikationsmethode, die nur bei periodischer Anzeige des Galvanometers möglich ist. Die Eigenperiode beträgt hier wie im ersten Beispiel 5 Sekunden. Die gestrichelten Linien bedeuten das Abklingen der Elongationen, wenn keine weiteren Kippungen vorgenommen werden.

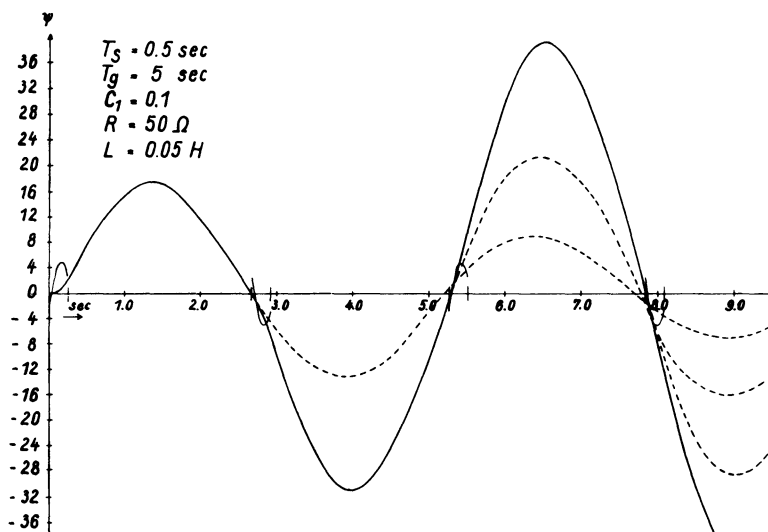


Abb. 2: Galv.- Ausschläge nach der Multiplikationsmethode bei der Kippspule.

Einen Teil der numerischen Rechnungen und die Zeichnung der Figuren übernahm Herr *E. Weingärtner*.

Literatur

- [1] *Weber, W. E.*: Üb. d. Anwend. d. magn. Ind. usf aus dem Bande V d. Abhandlungen d. Königl. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen 1853.
- [2] *De la Cour*: A Vertical-Intensity-Magnetometer, Terr. Magn. Vol. 31, 1926.
- [3] *Uljanin, W.*: Eine Universal-Ind.-Magnetometer, Z.f.Geophysik, VI. Jg. 1930.