Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 46 (1955)

Heft: 26

Artikel: Ein neuartiger elektronischer Drehmomentmesser

Autor: Murbach, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060970

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

46. Jahrgang Nr. 26 Samstag, 24. Dezember 1955

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

GEMEINSAMES PUBLIKATIONSORGAN
DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS (SEV) UND
DES VERBANDES SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITÄTSWERKE (VSE)

Ein neuartiger elektronischer Drehmomentmesser

Von *E. Murbach*, Zürich
Mitteilung aus dem Institut für Elektromaschinenbau an der ETH

621.317.381 : 621.389

Einleitung

Die ständige Messung und Überwachung des Drehmomentes ist bei vielen Anlagen, z. B. bei grösseren Propellerantrieben von Schiffen und Flugzeugen, sehr wichtig. Es zeigt sich aber auch der Bedarf an einer Drehmoment-Überwachung bzw. -Regelung bei Turbinen, Papier- und Gummikalandern, Walzwerken, Getrieben usw. Im weitern ist eine Möglichkeit der Messung des Drehmomentes bei Arbeits- und Antriebsmaschinen mit bereits vorhandenen Antriebs- oder Bremsaggregaten, also ohne zusätzliche Bremse, wie Wirbelstrombremse, Pronyzaum und dgl., sehr erwünscht. Dem Überlastungsschutz von Kalanderwalzen und Walzen in Walzwerken muss ebenfalls genügend Aufmerksamkeit geschenkt werden. (Bisher erfolgte dies z. B. mit Hilfe von Brechbolzen.) Alle diese Einrichtungen erfordern ein das Drehmoment möglichst direkt erfassendes, robustes und einfaches Organ. Eine weitere Bedingung ist, dass auf die Antriebswelle keine störanfälligen Kontakteinrichtungen aufgebaut werden dürfen. Schliesslich soll das Drehmoment bei jeder beliebigen, auch veränderlichen Drehzahl, ohne von ihr beeinflusst zu werden, direkt an einem Anzeigeinstrument oder an einem Registriergerät ablesbar sein. Die zu stellenden Bedingungen sind demnach die folgenden:

a) Drehzahlunabhängige Anzeige;
b) Kontaktlose, d. h. schleifringlose Übertragung von Messwerten;
c) Einfache, robuste Geber mit weiten Herstellungstoleranzen;
d) Direkte Ablesung des Drehmomentes in kgm.

Bisherige Verfahren

Zur Bestimmung des Drehmomentes auf indirekte oder direkte Weise sind mehrere Verfahren bekannt. *Elektrische* Einrichtungen sind: Elektrodynamische Pendelmaschinen und Wirbelstrombremsen. *Mechanische* Verfahren sind: Wasser- und Luftbremsen, Pronyscher Zaum, Band- und Seilbremse. Bei andern Verfahren wird die Verdrehung einer Welle oder eines Torsionsstückes derselben benützt. Sofern die Torsionsstrecke konstant ist und man innerhalb der Proportionalitätsgrenze des Materials arbeitet, ist der Torsionswinkel ein direktes Mass für das übertragene Drehmoment. Diese Winkelmessung kann mit mechanischen, optischen, akustischen, kapazitiven oder induktiven Mitteln erfolgen. Eine weitere Möglichkeit besteht im Aufkleben von Widerstandmeßstreifen auf die zu messende Welle oder Torsionsstrecke.

Die elektrischen und mechanischen Verfahren haben den Nachteil, dass besondere Brems- oder Antriebsaggregate erforderlich sind. Bei allen bekannten elektrischen Methoden erfolgt die Übertragung der Messwerte und allenfalls der Speisespannung über Schleifringe und Kontaktbürsten. Diese weisen die allgemein bekannten Nachteile auf, welche die Messgenauigkeit und Konstanz verschlechtern. Eine Ausnahme bilden nur wenige Ausführungen, bei denen die Messwertübertragung induktiv oder kapazitiv erfolgt. Sie arbeiten allerdings meistens nach dem Trägerfrequenzverfahren.

Um die Nachteile der Übertragung über gleitende Kontakteinrichtungen zu vermeiden, verwendeten *Hamabe* und nach ihm noch viele andere zur Leistungsmessung folgendes Prinzip:

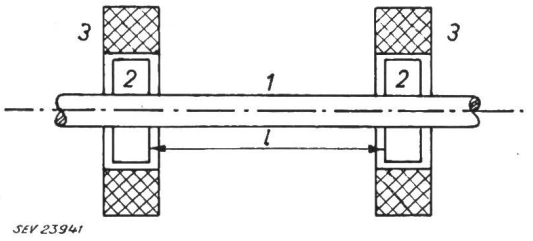

Fig. 1
Prinzip der elektrodynamischen Leistungsmessung
1 Welle; *2* Polräder; *3* Statoren; *l* Torsionsstrecke

Auf der Welle *1* in Fig. 1, deren übertragene Leistung gemessen werden soll, sitzen im Abstand der Torsionsstrecke *l* je ein Polrad *2* mit Permanentmagneten, die mit ihren Statoren *3* je einen Generator bilden. In den ruhenden Wicklungen *3* werden Spannungen induziert. Es ist leicht ersichtlich, dass bei einer räumlichen Verdrehung der Welle diese beiden Spannungen um einen elektrischen Winkel, der von der Polzahl und dem Torsionswinkel bestimmt ist, verschoben sind. Schaltet man die beiden Spannungen gegeneinander, so erhält man eine vom Torsionswinkel und der Grösse der induzierten Spannungen abhängige Differenzspannung. Da der Wert der induzierten Spannung von der Drehzahl und die Phasenverschiebung der

beiden Generatorspannungen vom Torsionswinkel, also vom Drehmoment, bestimmt sind, bildet die Differenzspannung das Mass für die *Leistung*. Für eine feste, unveränderliche Drehzahl lässt sich das anzeigende Voltmeter in Einheiten des Drehmomentes eichen. Für variable Drehzahlen wurden verschiedene Massnahmen versucht, z. B. Filterkreise, *RC*- und *LC*-Kreise usw. Um mit diesen Hilfsmitteln das *Drehmoment* bestimmen zu können, bedingen diese aber immer Generatoren mit oberwellenfreier Spannung.

Eine neue Messmethode

Beim hier beschriebenen elektronischen Drehmomentmesser werden Generatoren anderer Art verwendet. Der grundsätzliche Aufbau geht aus

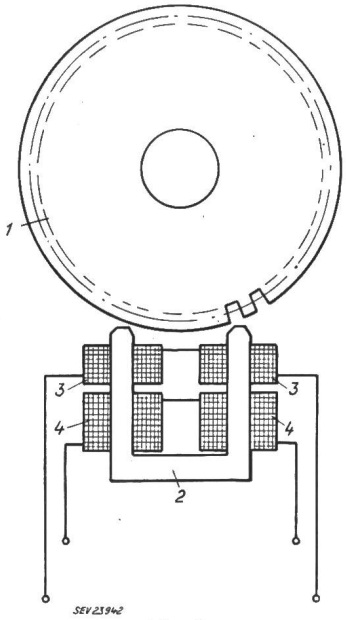

Fig. 2
Grundsätzlicher Aufbau der Messgeneratoren
1 Zahnscheibe; *2* Statorkern mit Polschuhen; *3* Wicklung der induzierten Spannung; *4* Erregerwicklung

Fig. 2 hervor. An Stelle der Permanentmagnet-Polräder treten gezahnte Scheiben, die an den Polschuhen der Statoren vorbeidrehen. Diese sind mit Hilfe einer Erregerwicklung durch Gleichstrom oder mit permanenten Magneten erregt. Ihre Konstruktion ist derart, dass eine radiale Achsverschiebung keine Veränderung des Luftspaltes hervorruft. Auch hier werden zwei Spannungen induziert, die je nach dem Torsionswinkel eine Phasenverschiebung gegeneinander aufweisen. Mit der Wahl der Zähnezahl lässt sich der räumliche Verdrehungswinkel in einen stark vergrösserten elektrischen Winkel umwandeln. Die Statoren sind so angeordnet, dass sich ihre Achsen um einen gewissen Winkel gegeneinander verschieben lassen. Dadurch ist es möglich, die Phasenlage der Generatorspannungen beliebig zu verändern. Diese Messgeneratoren sind im Aufbau und in der Ausführung sehr einfach und robust und die Übertragung der Messwerte erfolgt völlig schleifringlos.

Elektronisches Messgerät

Die Aufgabe des elektronischen Messgerätes besteht darin, die Phasenverschiebung der beiden Meßspannungen, die das Mass für das Drehmoment bildet, unabhängig von der Drehzahl — im vorliegenden Fall im Bereich von 500...2000 U./min — zu messen. Zudem soll diese Phasenverschiebung in eine ihr proportionale Spannung übergeführt werden, um dann an einem Messinstrument als angezeigtes Drehmoment in Erscheinung zu treten.

Die vom Geber erhaltene Spannung muss zuerst von der Drehzahl unabhängig gemacht werden. Dies geschieht nach Fig. 3 zuerst in einem frequenzabhängigen Glied, da die Spannung sich gleichzeitig mit der Frequenz ändert. Eine darauffolgende Verstärkerstufe besonderer Schaltung begünstigt diesen Vorgang noch. Am Ende des letzten Begrenzerkreises steht eine drehzahlunabhängige Spannung zur Verfügung. Das gleiche geschieht mit der Spannung des zweiten Gebers. Durch schaltungstechnische Massnahmen entsteht zwischen diesen beiden Kanälen eine der Phasenverschiebung und damit dem Drehmoment proportionale Spannung. Diese lässt sich über einen geeigneten Gleichrichter mit einem Drehspulinstrument messen, welches das gesuchte Drehmoment anzeigt und sich direkt in kgm eichen lässt.

Oft ist es erwünscht, Antriebs- und Bremsmomente messen zu können. Dies lässt sich durch entsprechende Einstellung der Geberstatoren erreichen, unter Verwendung einer Kompensationseinrichtung. Das Messinstrument hat in diesem Fall den Nullpunkt in der Mitte der Skala (Fig. 4).

Messresultate

Die Welle mit den beiden Messgeneratoren wurde zwischen einem Antriebsmotor und einer Pendelmaschine als Bremse gekuppelt. Mit dieser Einrichtung konnte jede beliebige Drehzahl und jedes gewünschte Drehmoment eingestellt werden (Fig. 5). Die Messeinrichtung gestattete, wie bereits

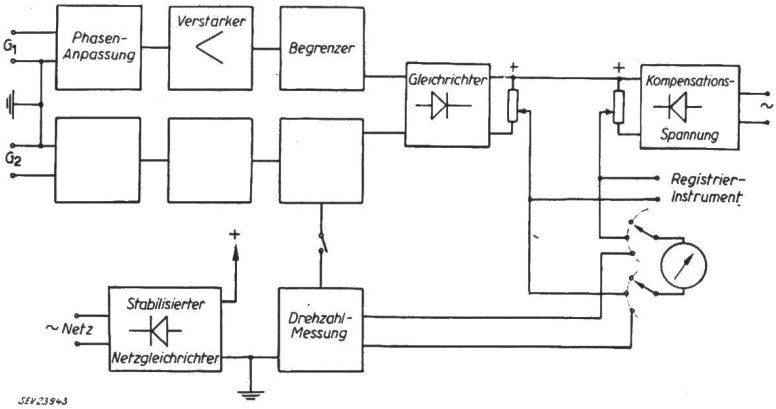

Fig. 3
Prinzipschema des elektronischen Messgerätes
G_1 Messgenerator *1*; G_2 Messgenerator *2*

erwähnt, die Eichung des Anzeigeinstrumentes in kgm. Fig. 6 zeigt die mit der beschriebenen Anordnung erzielten Messergebnisse. Die Ausschläge des Messinstrumentes sind über die Drehzahl und das Drehmoment als Parameter eingetragen. Der Drehzahlbereich erstreckte sich von 500...2000 U./min.

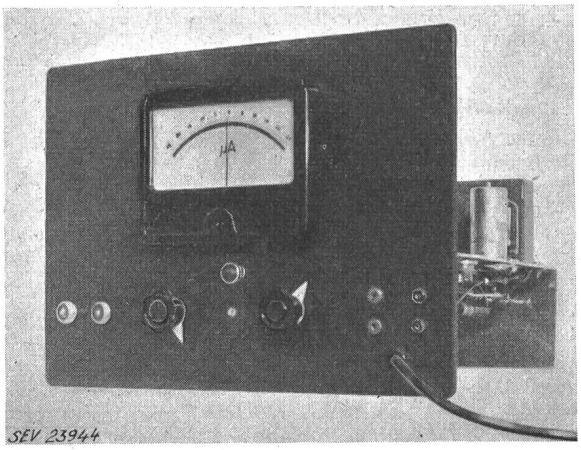

Fig. 4
Laboratoriumausführung des Messgerätes

Bei elektronischen Geräten ist ausser der Genauigkeit auch auf die Nullpunktkonstanz zu achten. Für die erwähnten Versuche und Messungen wurde eine mittlere Drehzahl von 1000 U./min bei einem Drehmoment Null gewählt. Die Nullpunktgenauigkeit betrug ± 0,5 %.

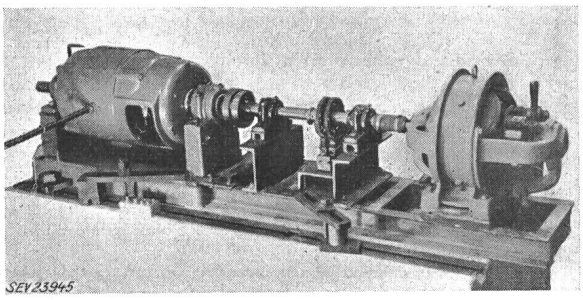

Fig. 5
Versuchseinrichtung

Drehzahlmessung

Ausser dem Drehmoment ist oft die Kenntnis der Drehzahl erwünscht. Da die Frequenz der Messgeneratorspannung genau proportional der Drehzahl ist, kann die Messung der zweiten in eine Frequenzmessung übergeführt werden. Sie erfolgt im vorliegenden Fall durch Messung des Ladestromes eines geeignet dimensionierten Kondensators mit dem gleichen Messinstrument, welches zur Drehmomentanzeige dient. Ein im Laboratoriummodell eingebauter Kombinationsschalter ermöglicht eine einfache Umschaltung von der Drehmoment- auf die Drehzahlmessung.

Ausbaumöglichkeiten

Eine Registrierung des Drehmomentes ist möglich, wenn zu diesem Zweck ein registrierendes Kompensationsgerät, z. B. Philips PR 2000 an Stelle des Anzeigeinstrumentes geschaltet wird. Ist es erwünscht, bei Erreichen eines bestimmten Drehmomentes ein Signal auszulösen oder ein Ausschaltorgan zu betätigen, so ist dies durch Zusatz einer Verstärkerstufe, eines Thyratrons oder einer Kaltkathodenröhre in Verbindung mit einem Relais möglich.

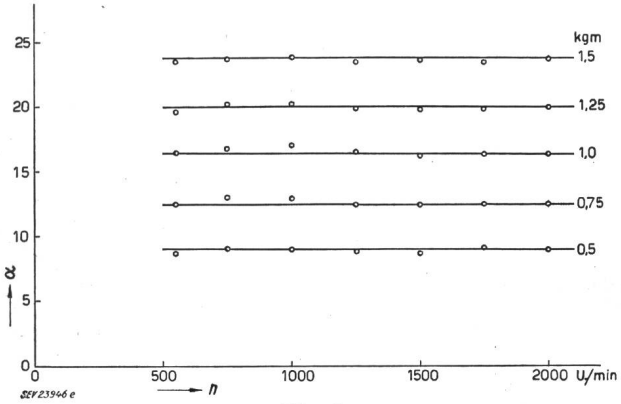

Fig. 6
Messresultate des Drehmomentmessgerätes
n Drehzahl; α Ausschlag des Instrumentes

Zu Steuer- und Regulierzwecken lässt sich die über dem Anzeigeinstrument entstehende Spannung, die ein Mass für das Drehmoment ist, leicht heranziehen. Die Betätigung der Steuergeräte erfolgt dann über geeignete Wandler.

Soll der Drehmomentmesser auf einem andern Drehzahl- oder Drehmomentbereich arbeiten, so lässt sich dies durch Austausch der Geber ohne weiteres bewerkstelligen. Das elektronische Gerät erfährt dabei keine Veränderung.

Beim Laboratoriummodell betrug die Messlänge des Gebers 100 mm. Sie lässt sich aber wesentlich reduzieren, da nur die Wellenverdrehung massgebend ist. Die minimale Verdrehung für Endausschlag beträgt im vorliegenden Fall 21 Winkelminuten, was 0,85 Minuten pro Teilstrich entspricht. Durchgeführte Versuche haben ergeben, dass sich die Empfindlichkeit der Messanordnung durch einfache schaltungstechnische Änderungen so weit steigern lässt, dass eine Wellenverdrehung von 2 Winkelminuten schon Vollausschlag ergibt. Dies lässt den Schluss zu, dass die Messgeneratoren auf bereits vorhandene Antriebs- oder Arbeitswellen gesetzt werden können, um deren Drehmoment zu messen.

Der beschriebene elektronische Drehmomentmesser wurde am Institut für Elektromaschinenbau der ETH (Vorstand Prof. E. Dünner) mit Unterstützung durch den Jubiläumsfond der ETH entwickelt und gebaut.

Adresse des Autors:
E. Murbach, Institut für Elektromaschinenbau der ETH, Sonneggstrasse 1/3, Zürich 6.