

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 50 (1959)
Heft: 20

Artikel: Die Dimensionierung von Asynchronmotoren mit Hilfe von Analogie-Rechenmaschinen
Autor: Güttinger, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059482>

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: 17.01.2026

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

Waage tritt also hier die Ablesung des Drehwinkels eines Potentiometers, nachdem der Balken in seine Nullage zurückgeführt worden ist. Da es sich bei beiden Systemen um Drehmomentvergleiche handelt, sollte man hier eher von elektrifizierten Balkenwaagen als von eigentlichen elektrischen Waagen sprechen.

Einen Vorteil des elektrodynamischen Drehmomentausgleiches könnte man darin erblicken, dass über den ganzen Wägebereich kein Schaltgewichtssatz erforderlich ist, und dass an dessen Stelle geeichte Widerstände verwendet werden können. Wendet man die aufgestellten Kriterien auf die elektrischen Waagen an, so ergibt sich folgendes Bild:

a) Da das Lastmoment und das Kompensationsmoment an zwei verschiedenen, nämlich an der Zeigerspitze einerseits und der Drehspule andererseits, angreifen, ist prinzipiell ein Hebelfehler möglich. Eine weitere Quelle für Fehler infolge Temperaturschwankungen und Belastungsänderungen besteht im Ohmschen Widerstand der Drehspule und des Abgleichsystems.

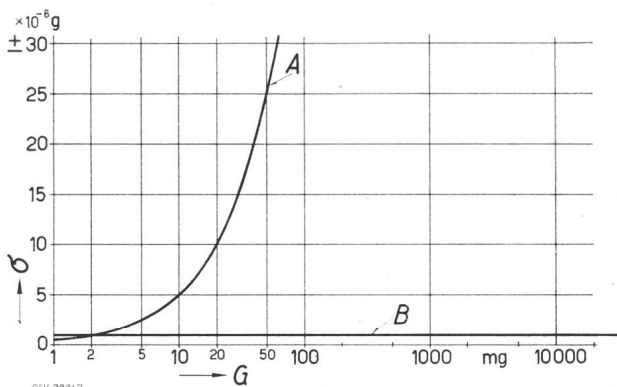


Fig. 7

Streuung σ der Anzeigen in Abhängigkeit von der Belastung G
A Elektrowaage; B Substitutionswaage

b) Da im Neigungsbereich die Waage als Federwaage arbeitet, sind Änderungen der Empfindlichkeit infolge Belastungsänderungen nicht zu erwarten, sofern die Spiralfedern keine Hysteresis aufweisen.

c) Was die Systemreibung anbetrifft, so scheint hier der schwächste Punkt der Elektrowaagen zu liegen, wie dies die Darstellung in Fig. 7 zeigt. Da horizontal liegende Spitzenlager verwendet werden, ergibt sich gegenüber den bei Balkenwaagen gebräuchlichen Schneidenlagern eine unzulässig hohe Reibung. Die schlechte Reproduzierbarkeit der Resultate ist auf diesen Umstand zurückzuführen. Die Angaben in Fig. 7 stammen von einer Ausführung, die zur Verminderung der Lagerreibung eine Vibrationseinrichtung besitzt. Da zudem für die Belastung und Entlastung keine Arretiervorrichtung zur Lagerschonung vorhanden ist, dürften die Werte von Fig. 7 nur über eine kurze Gebrauchsdauer gültig sein.

d) Die Ablesemöglichkeit ist unter Berücksichtigung der vorhandenen Möglichkeiten zu hoch.

Zusammenfassung

Der Vergleich zwischen der mechanischen und der elektrischen Balkenwaage zeigt, dass es sich bei beiden Systemen um drehmomentvergleichende Vorrichtungen handelt. Beide Systeme bedingen daher notwendigerweise die Anwendung von Lagerstellen, deren Beschaffenheit weitgehend die Reproduzierbarkeit der Resultate beeinflusst.

Bei den elektrischen Waagen liegen die Verhältnisse insofern ungünstig, als hier nur horizontal liegende Spitzenlager verwendet werden können, deren Reibungswerte um ein Vielfaches höher sind als dies bei den Schneidenlagern der Fall ist.

Wie aus Fig. 7 hervorgeht, können mit einer mechanischen Waage mit Schneidenlager Gewichte bis zu 20 g mit einer Reproduzierbarkeit von $\pm 2 \cdot 10^{-6} \text{ g}$ gewogen werden; ein Resultat, das mit einer der beschriebenen elektrischen Waagen nicht erreicht werden kann.

In dieser eindeutigen Überlegenheit liegt der Grund, weshalb von den Fachleuten dem mechanischen Präzisions-Wägesystem gegenüber den elektrischen Waagen auch heute noch der Vorzug gegeben wird.

Adresse des Autors:

Dr. sc. techn. L. Biétry, Rotfluhstrasse 6, Zollikon (ZH).

Die Dimensionierung von Asynchronmotoren mit Hilfe von Analogie-Rechenmaschinen

Von W. Güttinger, Niederteufen

681.142.001.57 : 621.313.333

Anhand eines Beispiels wird die Verwendung von Analogie-Rechengern für die Dimensionierung von Asynchronmotoren erklärt.

Cet article démontre la possibilité d'emploi de calculateurs analogiques dans le but de déterminer les grandeurs caractéristiques de moteurs asynchrones.

1. Einleitung

Während die Verwendung von Analogie-Rechengern zur Dimensionierung geschlossener Regelkreise und Antriebssysteme (z. B. Ward-Leonard-Antriebe mit elektronischen und magnetischen Verstärkern) weit verbreitet ist, wird dieses Hilfsmittel bei der Dimensionierung von Asynchronmotoren noch wenig verwendet. Insbesondere bei komplizierten dynamischen Systemen ist es oft zeitraubend,

den Leistungsbedarf und die günstigste Schlupf-Charakteristik zu ermitteln. Die vorliegende Arbeit soll nun anhand eines einfachen Beispiels die Verwendung einer Analogie-Rechenmaschine für diese Zwecke erläutern.

2. Problemstellung

Bei Pressen und ähnlichen Werkzeugmaschinen kommt es oft vor, dass ein Maschinenteil während einer kurzen Zeit beschleunigt werden muss, dann

eine gewisse Verformungsarbeit leistet und anschliessend abgebremst wird. Der Antrieb erfolgt meist über eine Kupplung (Fig. 1). Um Stösse auf den Motor und auf das Netz zu vermeiden, ist normalerweise auf der Motorseite der Kupplung ein

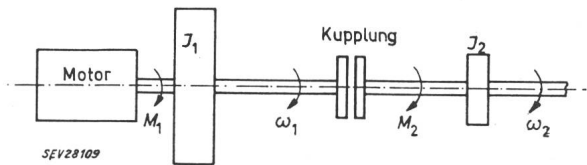


Fig. 1

Antriebssystem, bestehend aus Asynchron-Motor, Schwungrad, Kupplung und das zu beschleunigende System

M_1 Antriebsmoment ω_1 Winkelgeschwindigkeit
 M_2 Moment auf der rechten Kupplungshälfte; ω_2 Winkelgeschwindigkeit der rechten Kupplungshälfte
 J_1 Schwungrad J_2 Trägheitsmoment;

Schwungrad vorhanden. Dieses kann aber nur durch eine Drehzahl-senkung Energie abgeben. Ist der Drehmomentanstieg des Motors mit zunehmendem Schlupf zu steil, so entsteht eine Belastungsspitze mit hohen Statorverlusten; ist die Kurve zu flach, so sind die Rotorverluste im Mittel hoch. Es stellen sich somit die folgenden Aufgaben:

- Ermittlung der notwendigen Motorleistung;
- Dimensionierung des Schwungrades;
- Ermittlung des notwendigen Kupplungs-Drehmomentes;
- Berechnung eventueller Lastspitzen auf das Netz;
- Auswahl der günstigsten Drehmoment-Drehzahl-Charakteristik.

Da auf dem Analogie-Rechenggerät jede Grösse «simuliert» wird, kann jederzeit mit Leichtigkeit der Einfluss einer Parameteränderung auf alle anderen Grössen nachgeprüft werden.

3. Beschreibung des Arbeitszyklus

In der ersten Arbeitsphase wird die Kupplung eingekuppelt (Fig. 2). Sofern es sich um trockene Reibung handelt, ist das Drehmoment der Kupp-

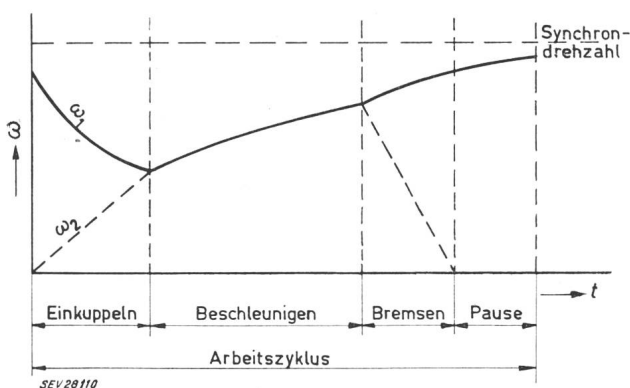


Fig. 2

Drehzahl-Zeit-Diagramm

ω Winkelgeschwindigkeit; t Zeit
 Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

lung weitgehend unabhängig von der Geschwindigkeit. Die Bewegungsgleichungen lauten somit:

$$\text{Für die linke Hälfte: } M_1(\omega) = J_1 \frac{d\omega_1}{dt} + M_2 \quad (1a)$$

$$\text{Für die rechte Hälfte: } M_2 = J_2 \frac{d\omega_2}{dt} \quad (1b)$$

worin M_1, M_2 Drehmomente, J_1, J_2 Schwungmassen, ω_1, ω_2 Winkelgeschwindigkeiten bedeuten. In der zweiten Arbeitsphase sind die beiden Wellenhälften starr miteinander verbunden.

$$M_1(\omega) = (J_1 + J_2) \frac{d\omega_1}{dt} \quad (2)$$

In der Bremsphase wird die Schwungmasse J_2 mechanisch abgebremst. Da dies in ausgekuppeltem Zustand geschieht, wird der Motor dadurch nicht beeinflusst. Bis zum Beginn des nächsten Arbeitsganges beschleunigt der Motor das Schwungrad J_1 .

Für die beiden letzten Phasen des Arbeitszyklus ergibt sich somit die einfache Beziehung

$$M_1(\omega) = J_1 \frac{d\omega_1}{dt} \quad (3)$$

Das Drehmoment M_1 des Motors ist eine Funktion von ω , was durch das Symbol $M_1(\omega)$ dargestellt ist. Der Zusammenhang ist durch die Drehmoment-Drehzahl-Charakteristik eindeutig gegeben.

4. Das Rechenschema

Wie das dynamische System, so erhält auch das analoge elektrische Abbild (Fig. 3) drei Betriebszustände. Der dazugehörige Relais-Mechanismus ist nur angedeutet. In der ersten Phase entspricht das System den Gleichungen (1a) und (1b). Die beiden Relais-Kontakte R_1 und R_2 sind in Stellung 1.

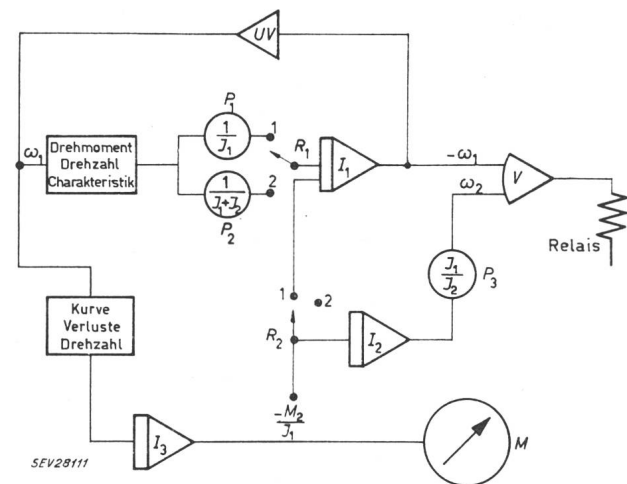


Fig. 3

Rechenschema

I_1, I_2, I_3 Integratoren; UV Umkehrverstärker; V Gleichspannungsverstärker; P_1, P_2, P_3 Potentiometer; M Voltmeter; J_1, J_2 Trägheitsmomente

Durch eine Vergleichschaltung mittels eines Gleichspannungsverstärkers wird der Moment festgestellt, bei welchem ω_2 den Wert ω_1 erreicht. In diesem Zeitpunkt schalten beide Kontakte auf Stellung 2. Beim Auskuppeln muss Kontakt R_1 wieder auf Stellung 1 zurückgehen, während R_2 auf Stellung 2 verbleibt.

Als Anfangsbedingung ist bei Integrator I_2 stets Null zu wählen für den Beginn des Zyklus, da die

Welle vom Stillstand her beschleunigt werden muss. I_1 verbleibt für den Beginn des neuen Zyklus auf dem Endwert des vergangenen Zyklus. Nach einigen Zyklen (wie auch beim natürlichen System der Maschine) stellt sich automatisch ein Gleichgewichtszustand ein, d. h. der Endwert von ω_1 wird immer gleich sein. Die Motorverluste werden je nach gestellter Aufgabe entweder über eine gewisse Zeit oder über einen Arbeits-Zyklus am Integrator I_3 integriert und der Wert am Instrument M abgelesen.

Die beiden Funktionen Drehmoment—Drehzahl und Verluste—Drehzahl sind durch Polygonzüge (Funktionsgeneratoren) anzunähern.

Selbstverständlich kann die Rechnung noch erweitert werden. So können auch Reibungsverluste, Deformationsarbeit, Exzentrizität einer Presse usw. berücksichtigt werden.

Adresse des Autors:

W. Güttinger, dipl. Ingenieur, Niederteufen (AR).

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

061.3(100) CEI : 621.165

Sitzung des Comité d'Etudes 5, Dampfturbinen, vom 5. bis 22. Juni 1959 in London

Das CE 5 trat unter dem Vorsitz von B. Pochobradsky (Grossbritannien) zusammen. Es genehmigte das Protokoll der Sitzungen in München 1956 ohne Änderungen. Nachher erstattete der Vorsitzende Bericht über die definitive Annahme der Publikation 45 der CEI (Recommendations concernant les turbines à vapeur, Première partie: Spécification, 2^e édition, 1958). Der indische Vorschlag im Dokument 5(India)1 auf Aufnahme von 20- und 32-MW-Turbinen unter die Vorzugstypen der Publikation 45 fand keinen Anklang.

In eingehender Diskussion wurden die Vorschläge des Sekretariatskomitees (USA) betreffend die neuen Entwürfe zur Publikation 46: Recommendations concernant les turbines à vapeur: Rules for Acceptance tests, [5(Secretariat)39], und Instruments and Methods of Measurement, [5(Secretariat)40], bereinigt und genehmigt. Eine Redaktionskommission wird die Arbeiten weiterführen.

Zu den Beratungen des Dokumentes 5(Secretariat)39 «Rules for Acceptance tests» kann folgendes bemerkt werden:

1. Das englische Wort «output» kann Leistung oder Arbeit bezeichnen. Dort, wo eine Unterscheidung notwendig ist, wurde daher für Leistung das Wort «power» verwendet, in anderen Fällen das gebräuchliche «output» belassen.

2. Für den Massenfluss wurde die Bezeichnung M gewählt.

3. Um die Formeln übersichtlicher zu gestalten, werden die Enthalpien des Dampfes mit H und des Wassers mit h bezeichnet.

4. Als Wärmeeinheit wurde zusätzlich das international genormte kJ aufgenommen. Da die Einheiten der Masse im englischen und metrischen Maßsystem unterschiedlich bleiben, ergeben sich daraus $2 \times 2 = 4$ anstatt 2 Einheiten für Enthalpien, Gefälle und Entropien. Im übrigen sollen die bisherigen Einheiten beibehalten werden.

5. Über Messfehler sind sich auch die Spezialisten in den USA nicht einig. Im September findet dort eine Konferenz statt, wo versucht wird, Regeln darüber aufzustellen. Das CEI-Dokument soll jedoch so rasch als möglich publiziert werden, so dass darin das Meßspiel nicht numerisch festgelegt wird.

6. Nach dem Dokument wäre der Hersteller berechtigt, von der garantierten Leistung $\pm 5\%$ abzuweichen. Diese Bestimmung gab zu einer langen Diskussion Anlass. Die französische und die deutsche Delegation wünschten eine Anpassung der Garantie an die gemessene Last. Dieser Gedanke scheiterte aber an der Unmöglichkeit der Festsetzung eines eindeutigen Korrekturverfahrens für Turbinen mit Drosselregelung. Schlussendlich drang ein englischer Antrag auf Unterdrückung der Umrechnung der Garantie auf die gemessene Last durch.

7. Bei der Diskussion über Temperaturmessungen hat sich gezeigt, dass die französische und die englische Delegation unbedingt den Gebrauch von Quecksilber-Thermometern auf unter 100°C beschränken wollen. In Anbetracht dieser Sachlage war es zwecklos zu versuchen, durch einen andern Antrag (bis 300°C) die bisherige Praxis zu vertreten.

Im Anschluss wurde das Dokument 5(Secretariat)40 «Instruments and Methods of Measurement» durchberaten. Prinzipiell sollen beide Dokumente in einer Publikation veröffentlicht werden, so dass dieses Dokument gekürzt wurde. So wurden die Ratschläge für Dynamometer- und Behältermessung praktisch weggelassen. Auch die Formel für die Fadenkorrektur wurde als minimales Wissen eines Abnahmeingieurs gewertet und gestrichen. Der zweite Abschnitt von Ziff. 89 wurde beibehalten. Weiter wurden die Ziff. 90...92 über Korrekturen bei Entnahmeturbinen gestrichen. In der Folge unterlag auch das Beispiel einer Wärmebilanzrechnung, Ziff. 93...95, dem Drang zur Verkürzung.

Die nächste Tagung findet in New Delhi (Indien) statt. Als Themen sind vorgeschlagen:

1. Genormte Vorzugstypen bei grossen Drücken.
2. Normung der Frischdampfdaten und des Entnahmedruckes bei Entnahmeturbinen. A. Schwarzenbach

Réunion du Comité d'Etudes 14, Transformateurs de puissance, à Puteaux (Seine) du 23 au 26 juin 1959

A la réunion assistaient environ 50 ingénieurs représentant 17 pays. La délégation suisse, composée de 3 membres, a participé activement à la plupart des débats et on peut noter avec satisfaction que les propositions et les positions prises lors des séances préparatoires du CT 14 Suisse ont été très généralement agréées. Le programme, très chargé, avait été, dans ses grandes lignes, préparé en 1958 à la réunion de Stockholm. Bien que la session s'étendit sur 4 jours pleins, l'ordre du jour n'a pas été épuisé.

Après approbation du compte rendu de la réunion de Stockholm, le Comité d'Etudes devait terminer l'examen d'une proposition de révision du chapitre VII de la publication 76, Recommendations de la CEI pour les transformateurs de puissance, chapitre consacré aux niveaux d'isolement et épreuves diélectriques. Il n'a pas fallu moins de $2\frac{1}{2}$ jours pour arriver à une rédaction satisfaisante de cet important chapitre. Le reste de la session a été presque entièrement consacré à la discussion des rapports des groupes de travail.

Le groupe n° 1 devait préparer une comparaison des diverses normes nationales avec les règles CEI. Ce groupe s'est borné à signaler que cela découlerait des résultats du groupe n° 2. Ce dernier demanda l'approbation du CE pour les bases sur lesquelles il estime possible d'établir un guide de charge. Le groupe de travail n° 3 obtint l'accord général de l'assemblée pour un projet de prescription concernant la tenue en court-circuit. Les projets de définitions élaborés par le groupe de travail n° 4 ont attiré de nombreuses remarques, qui ont été transmises au président du groupe pour étude. Un nouveau groupe de travail a été créé pour examiner l'opportunité de recommandations relatives aux transformateurs à 3 enroulements.

La prochaine séance du CE14 est prévue pour 1960, et elle pourrait avoir lieu à Paris au moment de la CIGRE.

M. Rossier