

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 20 (1929)
Heft: 8

Artikel: Trennung der Verluste und Ermittlung des Schwungmomentes von elektrischen Maschinen mit Hilfe des Auslaufverfahrens
Autor: Engler, A. / Zeindler, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060761>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

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

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Generalsekretariat des
Schweiz. Elektrotechnischen Vereins und des
Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke

REDAKTION
Zürich 8, Seefeldstr. 301

Secrétariat général de
l'Association Suisse des Electriciens et de
l'Union de Centrales Suisses d'électricité

Verlag und Administration

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G.
Zürich 4, Stauffacherquai 36/38

Editeur et Administration

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der
Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et
sans indication des sources

XX. Jahrgang
XX^e Année

Bulletin No. 8

April II 1929
Avril II

Trennung der Verluste und Ermittlung des Schwungmomentes von elektrischen Maschinen mit Hilfe des Auslaufverfahrens.

Von Direktor A. Engler, Dipl. Ing. und A. Zeindler, Dipl. Ing.,
Nordostschweizerische Kraftwerke, Baden.

621.313(0068)

Wird die Tourenzahl einer Maschine während des Auslaufes in Funktion der Zahl der Umdrehungen aufgetragen, so ergibt sich annähernd eine Gerade. Die Autoren stellen die Gleichung dieser Geraden auf und leiten daraus eine Formel ab, aus welcher die Verlustleistung in einem bestimmten Augenblick des Auslaufs aus der Tourenzahl pro Minute in diesem Augenblick, der Zahl der Umdrehungen, von einem beliebig gewählten Ausgangspunkt aus, bis zum Stillstand, der Tourenzahl in diesem Ausgangspunkt und dem Schwungmoment der Maschine berechnet werden kann. An einem Beispiel wird gezeigt, dass diese Methode rasch zuverlässige Resultate ergibt.

Si, pendant la période d'inertie, on porte le nombre de tours par minute d'une machine électrique en fonction du nombre de révolutions, on obtient sensiblement une droite. Les auteurs du présent article établissent l'équation de cette droite et en déduisent une formule permettant de calculer la puissance des pertes, en un moment quelconque du processus de ralentissement, connaissant le nombre de tours par minute en ce moment, le nombre de révolutions effectuées par la machine à partir d'un instant quelconque jusqu'au repos, le nombre de tours en cet instant et le moment d'inertie de la machine. Un exemple montre que cette méthode conduit à des résultats rapides et sûrs.

Das Auslaufverfahren wird bei Abnahmeversuchen von elektrischen Maschinen oft angewendet zur Kontrolle der mit Hilfe der Einzelverlustmethoden ermittelten Reibungs- und Ventilationsverluste und der Zusatzverluste, sowie zur Bestimmung des Schwungmomentes.

Schaltet man eine sich drehende elektrische Maschine plötzlich von ihrer Energiequelle ab, so verbraucht sie die in ihr aufgespeicherte kinetische Energie zur Deckung der Verluste.

Schaltet man sowohl den Anker wie das Feld ab, so treten, solange sich die Maschine noch dreht, nur Reibungs- und Ventilationsverluste auf.

Schaltet man nur den Anker ab, so treten Reibungs- und Ventilationsverluste und Eisenverluste auf.

Schaltet man nur den Anker ab und schliesst ihn unmittelbar darauf kurz, so treten Reibungs- und Ventilationsverluste und Kupfer- und Zusatzverluste auf.

Nimmt man während des Auslaufens der Maschine in gewissen Zeitabständen die Drehzahl auf und trägt sie als Funktion der verflossenen Zeit auf, so ergeben sich die sogenannten „Auslaufkurven“. Man erhält nun die dem Versuch entsprechenden Verluste mit Hilfe der Konstruktion einer Tangente an diese Auslaufkurve,

Diese Methode ist allgemein bekannt und soll hier nicht näher erläutert werden; es ist aber ohne weiteres klar, dass die Tangentenkonstruktion die Möglichkeit bietet, das Schlussresultat mehr oder weniger zu beeinflussen. Man kann dies nun auf folgende Weise umgehen.

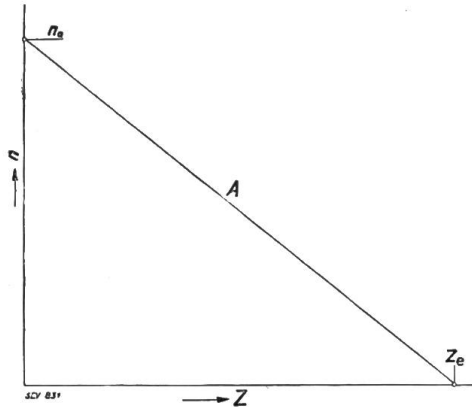


Fig. 1.

Auslaufgerade A. n_0 = Erste abgelesene Tourenzahl; Z_e = Zahl der Umdrehungen von der ersten Ablesung an bis zum Stillstand.

Man kontrolliert nach einer bestimmten Zahl Umdrehungen des Rotors die Tourenzahl und trägt sie in Funktion der Umlaufzahl auf. Es ergibt sich ziemlich genau eine Gerade (leichte Krümmung im Gebiet der kleinen Tourenzahlen). Man kann diese Ablaufgerade auch direkt durch einen Tachographen aufzeichnen lassen; dies ist sogar zu empfehlen, da damit durch Ablesefehler und Reaktionszeit der Ablesenden bedingte Ungenauigkeiten wegfallen. Beim Tachographen ist der Vorschub des Registrierstreifens proportional der Umdrehungszahl, da das Schreibwerk direkt von der Welle des Tachographen aus angetrieben wird. Der Tachograph zeichnet also direkt die Kurve $n=f(Z)$ auf.

Die in Fig. 1 dargestellte Auslaufgerade lässt sich analytisch auf folgende Gleichung bringen:

$$\omega = -b\varphi + a,$$

wobei $\omega = \frac{\pi n}{30}$ die Winkelgeschwindigkeit bedeutet (Ordinate) und $\varphi = 2\pi Z$ der Drehwinkel ist (Abszisse).

Man erhält die Konstanten dieser Gleichung (Achsenabschnitte)

$$\varphi = 0; \omega = a = \frac{\pi n_0}{30} = \omega_0 \text{ (Abschnitt auf der Ordinatenachse)}$$

$$\omega = 0; b = \frac{a}{\varphi_e} = \frac{\omega_0}{\varphi_e} = \frac{\pi n_0}{30} \frac{1}{2\pi Z_e} = \frac{n_0}{60 Z_e},$$

wobei Z_e gleich dem Abschnitt auf der Abszissenachse, d. h. gleich der Anzahl Umläufe bis zum Stillstand des Rotors ist.

Es ist nun:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = a - b\varphi$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -b \frac{d\varphi}{dt} = -b\omega = -\frac{n_0 \pi n}{60 Z_e 30}.$$

Das Arbeitsvermögen eines um seine Achse mit der Winkelgeschwindigkeit ω rotierenden Körpers ist $A = \frac{\omega^2}{2} J$ (J = Trägheitsmoment).

Es ist $\frac{dA}{dt} = N$ der Arbeitsverbrauch pro Zeiteinheit, d. h. die Leistung der auslaufenden Maschine zur Deckung der Verluste. Also ist:

$$\frac{dA}{dt} = N = -\omega \frac{d\omega}{dt} J = \frac{\pi n}{30} \frac{n_0 \pi n}{60 Z_e 30} J.$$

Setzt man N in Watt ein und für $-\omega \frac{d\omega}{dt}$ den soeben abgeleiteten Ausdruck,

$$\text{so erhält man: } N = 9,81 J \frac{n_0 n^2 \pi^2}{60 30^2 Z_e}$$

oder wenn man an Stelle des Massenträgheitsmoments J das technische Schwungmoment GD^2 setzt ($J = \frac{GD^2}{4 \cdot 9,81}$), so erhält man:

$$N = \frac{GD^2 n^2 n_0}{21,9 Z_e} 10^{-6} \text{ kW}$$

Es bedeuten:

- N = Verluste in kW, bei der Tourenzahl n der Maschine,
 GD^2 = Schwungmoment in kg m^2 ,
 n = Tourenzahl der Maschine, z. B. Normaltourszahl,
 n_0 = Erste abgelesene Tourenzahl (Abschnitt auf der Ordinatenachse),
 Z_e = Umlaufzahl bis Stillstand (Abschnitt auf der Abszissenachse).

Das Schwungmoment lässt sich am besten aus einem Auslaufversuch mit erregter Maschine bestimmen, da die dabei zu deckenden Leerverluste z. B. mit Hilfe des Motorverfahrens gut ermittelt werden können. Man setzt dann für N aus der Kurve der Leerverluste den dem betreffenden Erregungszustand entsprechenden Wert in die Formel ein und löst nach GD^2 auf.

Aus einem Auslaufversuch mit unerregter Maschine lassen sich bei bekanntem GD^2 die Ventilations- und Reibungsverluste ermitteln und aus Kurzschlussauslaufversuchen bei verschiedenen Erregungen kann eine Kurve, die die Reibungs-, Ventilations-, Kupfer- und Zusatzverluste enthält, aufgenommen werden.

Im Nachfolgenden sind als Anwendungsbeispiel die Ergebnisse von Versuchen an einem 2500 kVA-Generator des E. W. Beznau dargestellt. Nach je 50 Umdrehungen der Turbinenpendelwelle, die mit Hilfe eines Umdrehungszählers gezählt wurden, ist am Turbinentachometer die Tourenzahl abgelesen worden. Der Tachograph wurde durch einen Riemen von der Pendelwelle aus angetrieben. Auf den Registrierstreifen wurden nach je 50 Pendelumdrehungen durch die Zeitachsenschreibfeder Markierstriche gemacht. Fig. 2 zeigt die Ablaufgerade aus den Ablesungen und Fig. 3 den Tachographenstreifen desselben Versuches mit erregter Maschine. Aus

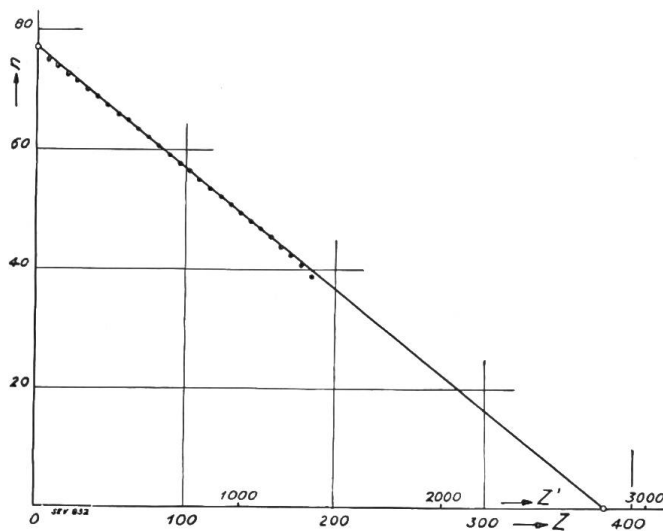


Fig. 2.

Auslaufgerade aus Tachometerablesungen ermittelt. Generator erregt. n = Tourenzahl (Umdr/min) des Generators; Z = Zahl der Umdrehungen des Generators; Z' = Zahl der Umdrehungen der Pendelwelle.

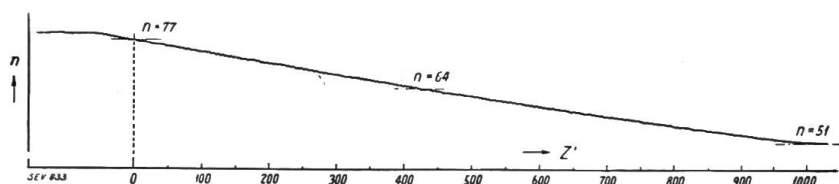


Fig. 3.

Tachogramm des Versuchs der Fig. 2.

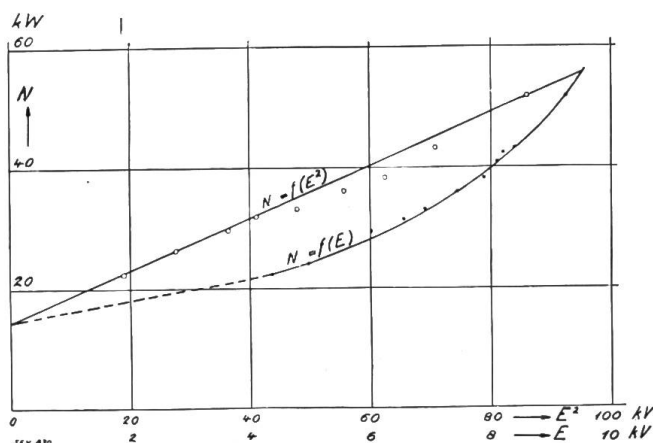


Fig. 4.

Leerverluste N in Funktion der Spannung. $n = 66,7$ Umdr./min.

der Kurve der Leerverluste (Motorverfahren) Fig. 4 wurden die der Erregung des Auslaufversuches Fig. 2 und 3 entsprechenden Leerverluste in die abgeleitete Formel eingesetzt und das Schwungmoment ermittelt.

Es ist: $N = 23,1 \text{ kW}$,
 $n = 66,7 \text{ Umdr./min}$,
 $n_o = 77$ „ „
 $Z_e = 2800 \text{ Pendelumdrehungen}$,
 entspricht 381 Rotorumdrehungen.

$$GD^2 = \frac{23,1 \cdot 21,9 \cdot 381 \cdot 10^6}{66,7^2 \cdot 77} = 564\,000 \text{ kg m}^2.$$

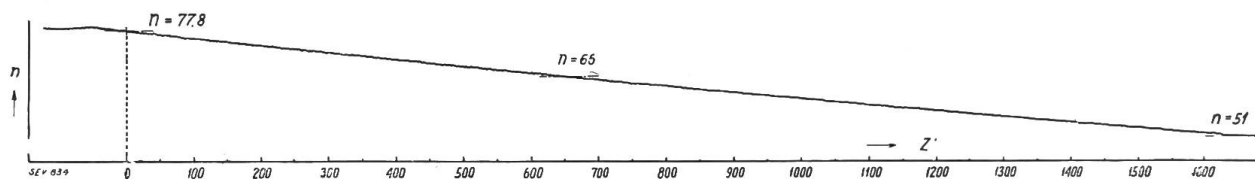


Fig. 5.

Tachogramm eines Auslaufversuches am unerregten Generator, zur Bestimmung der Reibungs- und Ventilationsverluste.

Aus einem Ablaufversuch mit unerregter Maschine (Fig. 5) wurden die Reibungs- und Ventilationsverluste ermittelt.

$$\left[N = \frac{564\,000 \cdot 66,7^2 \cdot 77,8}{21,9 \cdot 630 \cdot 10^6} = 14,0 \text{ kW.} \right]$$

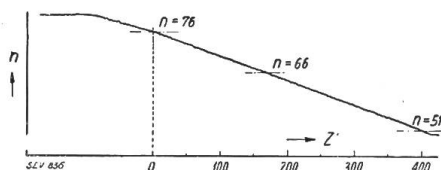


Fig. 6.

Tachogramm eines Kurzschluss-Auslaufversuches zur Bestimmung der Zusatzverluste.

Aus einigen Kurzschlussauslaufversuchen, von denen der Tachographenstreifen des einen hier in Fig. 6 abgebildet ist, konnte die Kurve der Zusatzverluste aufgezeichnet werden. Sie ergab im Vergleich mit der aus dem Uebererregungsverfahren unter Berücksichtigung der Fehlwinkel ermittelten analogen Kurve eine mittlere Differenz von drei kW an Mehrverlusten.

Das Anwendungsbeispiel zeigt, wie mit Hilfe dieser Auswertungsmethode der Auslaufversuche rasch und zuverlässig brauchbare Resultate errechnet werden können.

Influence de la conductibilité des rails sur la valeur de la force électromotrice induite sur les circuits à courant faible par une ligne de traction à courant alternatif.

Par Th. Muller, Ingénieur en chef-adjoint à la Division de l'Electrification des C. F. F. à Berne.

621.333.167+621.319.13(004):621.38

L'auteur indique d'abord une méthode simple et pratique pour la détermination rapide de l'intensité de courant alternatif passant dans les rails. Il met ensuite en évidence l'augmentation de conductibilité des rails par suite de l'éclissage électrique des joints et fait ressortir l'importance de cette augmentation de conductibilité en ce qui concerne l'atténuation de la tension induite sur les âmes d'un câble placé dans la plate-forme de la voie.

Der Autor gibt eine einfache und praktische Methode an zur Messung eines in Eisenbahnschienen fließenden Wechselstromes. Anhand von Versuchen geht er dann auf die durch Schienenverbinder bewirkte Vergrößerung der Leitfähigkeit der Schienen ein und zeigt die Bedeutung des Einflusses dieser vergrößerten Leitfähigkeit auf die Verminderung der Spannung, welche in den im Bahnkörper verlegten Kabeln induziert wird.

1. Généralités. Pour les chemins de fer électrifiés au courant alternatif, les rails ne jouent pas le même rôle en ce qui concerne le retour du courant que pour l'électrification au courant continu. Non seulement le rapport de la conductibilité