

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 29 (1938)
Heft: 21

Artikel: Die Kennzeichnung des Arbeitsart von Wechselstrommaschinen
Autor: Landolt, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059408>

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: 16.02.2026

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

BULLETIN

REDAKTION:

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telephon 51.742
Postcheck-Konto VIII 8481

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

XXIX. Jahrgang

Nº 21

Mittwoch, 12. Oktober 1938

Die Kennzeichnung der Arbeitsart von Wechselstrommaschinen.

Von M. Landolt, Winterthur.

(Vorschlag an das Comité Electrotechnique Suisse, genehmigt vom Fachkollegium 2.)

621.313.3

Der Autor beschreibt die verschiedenen Arbeitsarten von Wechselstrommaschinen, für die Bezeichnungen zu finden sind. Er erwähnt dann verschiedene gebräuchliche oder mögliche Bezeichnungen und weist auf deren Nachteile hin. Zum Schluss macht er einen neuen Vorschlag.

Das CES nahm am 17. Juni 1938 von diesem Vorschlag zustimmend Kenntnis und schreibt ihn hiermit zur öffentlichen Kritik aus. Stellungnahmen dazu sind dem Comité Electrotechnique Suisse, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, bis zum 30. November 1938 einzureichen.

L'auteur décrit d'abord les différents régimes des machines à courant alternatif pour lesquels il s'agit de trouver des désignations. Il mentionne ensuite différentes désignations usuelles ou éventuellement possibles, signale leurs inconvénients et propose finalement des désignations nouvelles.

Dans sa séance du 17 juin 1938 le Comité Electrotechnique Suisse a donné son agrément à cette proposition et il a décidé de la mettre à l'enquête publique. Les suggestions éventuelles sont à adresser au Comité Electrotechnique Suisse, Seefeldstrasse 301, Zurich 8, jusqu'au 30 novembre 1938.

1. Die verschiedenen Arbeitsarten.

Sie sollen in Gedanken experimentell untersucht werden. Hiezu sei mit Hilfe eines Schleifenoszillographen der Verlauf der Momentanwerte der Klemmenspannung und des Stromes eines einphasigen Apparates, einer einphasigen Wicklung oder eines Stranges einer Mehrphasenwicklung bestimmt. Der Prüfling heisse X. Die Schaltung ist in Fig. 1 gezeichnet. Für jede Schleife sei eine An-

Kolonne II der Tabelle I genannten Prüflinge die in der Kolonne III gezeichneten Oszillogramme.

Macht man für den Momentanwert der Klemmenspannung den Ansatz

$$u = U \sqrt{2} \sin (\omega t)$$

und setzt man für den Momentanwert des Stromes

$$i = I \sqrt{2} \sin (\omega t + \varphi'),$$

so kann die Phasenverschiebung φ' , die der Strom gegenüber der Klemmenspannung aufweist, wie folgt berechnet werden: Man liest ωt für den der Ordinatenachse zunächst gelegenen aufsteigenden Null-durchgang der Stromkurve ab und setzt $\omega t + \varphi' = 0$. So erhält man die in die Kolonne IV eingetragenen Werte von φ' . Die Phasenverschiebung kann man in einem Vektordiagramm²⁾ veranschaulichen. Sie wird durch den Winkel dargestellt, um den der Stromvektor, vom Spannungsvektor aus gemessen, verdreht ist. Man kommt so zu den in der Kolonne V gezeichneten Vektordiagrammen.

Sehr viele Leute lassen nicht zu, dass der Stromvektor um mehr als $+90^\circ$ oder -90° gegenüber dem Spannungsvektor verdreht ist. Sie klappen den Stromvektor in den betreffenden Fällen um 180° um und erhalten dann die in der Kolonne VI gezeichneten Vektordiagramme. Um den Oszillographen zu veranlassen, die dazu passenden Oszillogramme zu liefern, müsste man für die Fälle 4, 5 und 6 die Anschlüsse der Zuleitungen zu den Klemmen A_1 und B_1 der Strom-Meßschleife miteinander vertauschen.

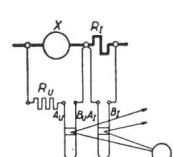


Fig. 1.

Schaltung des Oszillographen zur Bestimmung der Kurven der Klemmenspannung und des Stromes des Prüflings X. R_U ist der Vorwiderstand der Spannungs-, R_I der Nebenwiderstand der Stromschleife. A ist je die Anfangs-, B die Endklemme. Der Index U deutet auf die Spannungs-, der Index I auf die Stromschleife hin.

fangsklemme A und eine Endklemme B so festgelegt, dass ein von der Anfangs- durch die Schleife zur Endklemme fliessender Gleichstrom die von beiden Schleifen zurückgeworfenen Lichtstrahlen nach derselben Seite ablenkt.

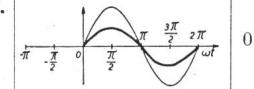
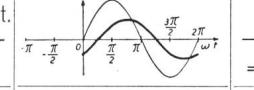
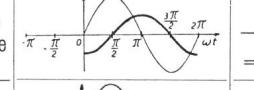
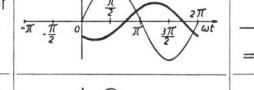
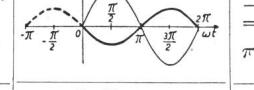
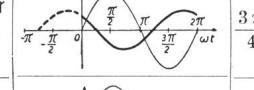
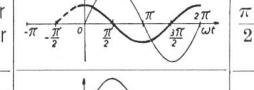
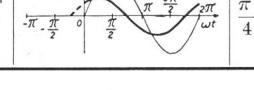
Als Prüflinge seien nun der Reihe nach ein nur Wirkstrom führender Synchronmotor¹⁾, ein wenig belasteter Asynchronmotor, eine verlustfreie Drosselpule, ein untererregter Synchrongenerator, ein nur Wirkstrom führender Synchrongenerator, ein übererregter Synchrongenerator, ein Kondensator und ein übererregter Synchronmotor verwendet. Für alle sei der Effektivwert U der Klemmenspannung derselbe, ebenso der Effektivwert I des Stromes. Der Oszillograph gibt dann für die in der

¹⁾ Die hier genannten Objekte sind lediglich Beispiele; es können an ihre Stelle andere treten, die auf dieselben Oszillogramme führen. Insbesondere könnte z.B. der nur Wirkstrom führende Synchronmotor durch einen ohmschen Widerstand ersetzt werden.

²⁾ Ich verwende hier durchweg noch die alte Bezeichnung «Vektor» an Stelle von «Zeiger», der neueren und meines Erachtens besseren Bezeichnung, um nicht durch Neuerungen vom wesentlichen abzulenken.

Für den Kosinus des in den Vektordiagrammen der Kolonne VI eingezeichneten Winkels $\varphi^3)$ erhält man die in die Kolonne VII eingeschriebenen Werte.

Tabelle I.

I	II	III	IV	V	VI	VII
Fall		Oszillogramm	φ'	Vektordiagramme		
Nr.	Beispiel	Klemmenspannung Strom		Klemmenspannungsvektor Stromvektor		$\cos \varphi$
1	nur Wirkstr. führender Synchron- motor		$0 = 0^\circ$			1,0
2	wenig belast. Asynchron- motor		$-\frac{\pi}{4} = -45^\circ$			0,7
3	verlustfreie Drosselspule		$\frac{\pi}{2} = -90^\circ$			0,0
4	untererregter Synchron- generator		$-\frac{3\pi}{4} = -135^\circ$			0,7
5	nur Wirkstr. führender Synchron- generator		$-\pi = -180^\circ$ $\pi = 180^\circ$			1,0
6	übererregter Synchron- generator		$\frac{3\pi}{4} = 135^\circ$			0,7
7	verlustfreier Kondensator		$\frac{\pi}{2} = 90^\circ$			0,0
8	übererregter Synchron- motor		$\frac{\pi}{4} = 45^\circ$			0,7

Man kommt somit zu dem bekannten Ergebnis: Allen vier verschiedenen Arbeitsarten von Wechselstrommaschinen, die in den Fällen 2, 4, 6 und 8 dargestellt sind, kommt (bei passender Phasenverschiebung) nur ein einziger Wert des $\cos \varphi$ zu. Die Arbeitsart einer Wechselstrommaschine kann durch $\cos \varphi$ nicht eindeutig gekennzeichnet werden.

2. Verschiedene Möglichkeiten der Kennzeichnung.

a) Häufig wird versucht, die Erscheinungen des Vor- und Nacheilens des Stromes gegenüber der Klemmenspannung zur Kennzeichnung der Arbeitsart heranzuziehen. Da aber vier verschiedene Fälle auftreten, kann man ohne weiteren Zusatz mit diesen zwei Bezeichnungen nicht auskommen. Einerseits würden die Fälle 2 und 6, sowie die Fälle 4 und 8 je zusammenfallen; anderseits kann aber z. B. im Falle 6 von voreilendem oder von nacheilendem Strom gesprochen werden, je nachdem,

3) Wer den Stromvektor umklappt, wünscht meistens auch positive Wert von φ zu erhalten, wenn der Strom nacheilt, was mehrheitlich der Fall ist. Hierzu muss φ den Ansatz $i = I \sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi)$ erfüllen und damit, wie in Kolonne VI eingezeichnet ist, die Verdrehung vom Stromvektor aus messen.

ob man das Vektordiagramm der Kolonne V oder der Kolonne VI denkt.

b) Ferner wird versucht, die vier Arbeitsarten mit «induktiv» und «kapazitiv» zu kennzeichnen. So findet man die Abkürzungen «ind» und «cap» z. B. auf den Leistungsfaktormessern mit 360° -Skala (Fig. 2). Es ist natürlich unmöglich, mit diesen zwei Bezeichnungen alle 4 Fälle eindeutig zu kenn-

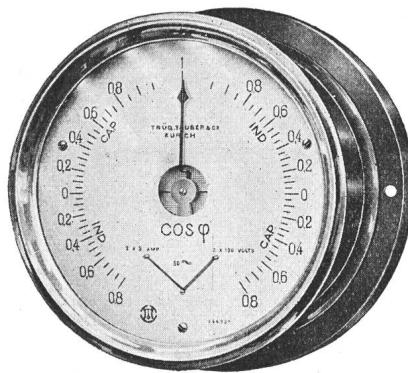


Fig. 2.
Leistungsfaktormesser oder Phasenmeter für Kupplungsleitungen von Kraftwerken.

zeichnen. Deswegen verwendet man noch Zusätze wie «Leistungsaufnahme» für die obere und «Leistungsabgabe» für die untere Hälfte der Skala.

Untersucht man nun beispielsweise eine übererregte Synchronmaschine, die mit niedrigem Leistungsfaktor zuerst als Motor und nachher als Generator arbeitet mit Hilfe des nach Fig. 1 geschalteten Oszillographen, so findet man die Oszillogramme der Fälle 8 und 6. Zerlegt man noch den Strom in seine Wirk- und Blindkomponente, so findet man, dass die Synchronmaschine in beiden Fällen einen Blindstrom führt, der der Spannung um 90° voreilt, also kapazitiv ist. Ein Blindleistungszähler würde denn auch in beiden Fällen in derselben Richtung drehen.

Der Zeiger des Leistungsfaktormessers schlägt dabei nach links aus. Er steht zuerst oberhalb und nachher unterhalb der Mittellinie, er geht also von «cap» auf «ind», was zu Missverständnissen führen kann.

Die Rechtfertigung für die unterschiedliche Bezeichnung wird darin gesucht, dass sich «ind» und «cap» in der oberen Instrumentenhälfte zwar auf die Synchronmaschine, in der unteren dagegen auf das von ihr gespeiste Netz beziehen.

c) Man könnte noch daran denken, den Winkel φ' in irgendeiner Form heranzuziehen. Sei es, dass man ihn direkt angibt; sei es, dass man $\cos \varphi'$ und $\sin \varphi'$ unter Beachtung der Vorzeichen hinschreibt; oder sei es, dass man die vier Arbeitsarten durch vereinbarte Nummern, Buchstaben oder graphische Symbole (z. B. die Vektordiagramme der Kolonne V) kennzeichnet. Alle diese Systeme haben den gemeinsamen Nachteil, dass sie nicht nahe liegen und sich deshalb wohl nicht allgemein einführen lassen würden.

3. Ein neuer Vorschlag.

Zum Glück besteht nun aber noch eine weitere Möglichkeit. Sie beruht auf einem international weit verbreiteten Sprachgebrauch, der zwar nie offiziell beschlossen worden ist, aber dennoch international einheitlich angewendet wird. Wohl überall, wo von einem «Blindleistungserzeuger» gesprochen wird, denkt man an einen phasenschiebenden Motor, an einen Kondensator oder an einen übererregten Generator, also an die Fälle 8, 7 und 6. Ist anderseits von einem «Blindleistungsverbraucher» die Rede, so denkt man an die Fälle 2, 3 und 4⁴⁾⁵⁾. Wenn man in diesen Zusammensetzungen von «Blindleistung» spricht, so meint man das, was man genauer als «induktive Blindleistung» bezeichnen kann.

Die Fälle 6, 7 und 8 stimmen darin miteinander überein, dass der Prüfling Blindleistung erzeugt, in Fall 8 nimmt er aber Wirkleistung auf, er ist ein Motor; im Fall 6 ist er dagegen Generator und gibt Wirkleistung ab. In den Fällen 2, 3 und 4 ist er Verbraucher von Blindleistung; hinsichtlich der Wirkleistung ist er aber im Falle 2 Motor und im Falle 4 Generator. Es gilt das in Fig. 3 gezeichnete Schema.

«Verbraucher von Blindleistung» kurz «Konsument»⁷⁾ zu sagen.

So ergeben sich dann als Abkürzungen «Pd» und «Cs». Für die verschiedenen Arbeitsarten kann man dann hinsichtlich der Wirkleistung «Gen» und «Mot», hinsichtlich der Blindleistung «Pd» und «Cs» brauchen. Da aber die Bezeichnungen «Gen» und «Mot» ohnehin schon im Leistungsschild einer Maschine aufgeschlagen sind, genügt es, wenn an passender Stelle noch «Pd» oder «Cs» angegeben wird, z. B. neben dem für $\cos \varphi$ gegebenen Zahlenwert. Für einen Asynchronmotor oder für einen Generator, der untererregt mit $\cos \varphi = 0,8$ zu laufen hat, wäre so

$$\cos \varphi \quad 0,8 \text{ Cs}$$

aufzuschlagen; auf einem Motor, der mit $\cos \varphi = 0,7$ zur Phasenkompensation herangezogen wird, dagegen:

$$\cos \varphi \quad 0,7 \text{ Pd}$$

Die Redewendungen «Erzeugen und Verbrauchen von Wirk- und Blindleistung» und «Liefern und Be-

Produzent Erzeuger von Blindleistung				Konsument Verbraucher von Blindleistung				
Fall 5: nur Wirkstrom führender Synchronen.	Fall 6: übererregter Synchron-generator	Fall 7: verlustfreier Kondensator	Fall 8: übererregter Synchron-motor	Fall 1: nur Wirkstrom führender Synchronmot.	Fall 2: wenig belasteter Asynchronmotor	Fall 3: verlustfreie Drosselspule	Fall 4: untererregter Synchron-generator	Fall 5: nur Wirkstrom führender Synchronen.
Generator Erzeuger v. Wirkleistung				Motor Verbraucher von Wirkleistung				Generator Erzeuger v. Wirkleistung

Fig. 3.
Schematische Zusammenstellung der Arbeitsarten von Wechselstrommaschinen.

Um zu einer international annehmbaren Abkürzung zu kommen, schlage ich vor, statt «Erzeuger von Blindleistung» kurz «Produzent»⁶⁾ und statt

⁴⁾ Vgl. z. B. Iliovici, Bull. Soc. Franç. Electr., 5^e Série (Tome II), No. 15, Mars 1932, S. 253.

⁵⁾ Physikalisch lässt sich ein reiner Blindleistungserzeuger definieren als Zweipol, der bei sinusförmigem Verlauf von Klemmenspannung und Strom in der dem Spannungsextremum folgenden Viertelperiode elektrisch Leistung abgibt. Anderseits nimmt der reine Blindleistungsverbraucher in diesem Zeitintervall elektrisch Leistung auf.

⁶⁾ Vgl. franz. producteur, ital. produttore, engl. producer.

ziehen von Wirk- und Blindleistung» eignen sich auch für die Kennzeichnung der Arbeitsart im allgemeinen Sprachgebrauch⁸⁾ der Elektrizitätswerke. An den Uebergabestellen von Netzen muss man dabei auseinanderhalten, welcher der beiden Partner liefert und welcher bezieht. Was beim einen im «Haben» steht, kommt beim andern ins «Soll».

⁷⁾ Vgl. franz. consommateur, ital. consumatore, engl. consumer.

⁸⁾ Vgl. Kleiner: Bull. SEV Bd. 21 (1930), Nr. 22, S. 743.