

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 41 (1950)
Heft: 25

Artikel: Ein Universal-Messgerät für Starkstrom
Autor: Blamberg, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061293>

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: 03.04.2025

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

Wichtigkeit für das richtige Funktionieren einer Anlage. Bei einer gelegentlichen Beschädigung eines solchen Gliedes wurden durch Störimpulse die Strassenlampen einer ganzen Strasse periodisch zu- und abgeschaltet, bis das defekte Element ersetzt war.

Überbrückungsglieder dienen zur tonfrequenten Verbindung zweier Netze, welche netzfrequenzmässig getrennt sein müssen. Je nach Fall genügt ein einfacher Serieresonanzkreis oder ein entsprechendes L- oder T-Glied.

Endglieder werden an von der Sendestelle weit entfernten Leitungspunkten installiert. Sie stellen eine geeignete Ableitung gegen Erde dar zur Verhinderung der Ausbildung von stehenden Wellen auf den Leitungen. Der günstigste Widerstand wurde versuchsmässig zu 380Ω gefunden. Endglieder sind daher im allgemeinen Serieresonanzkreise mit 380Ω Signalfrequenzimpedanz und hoher (kapazitiver) Reaktanz für 60 Hz. Allgemein werden sie installiert, wenn sich mehrere Empfänger weiter als 15...20 km von der Sendestelle entfernt befinden. Natürlich ist diese Distanz von der Frequenz abhängig.

6. Betriebserfahrungen mit Netzkommandoanlagen

Im allgemeinen sind die Netzkommandoanlagen und die elektrischen Anlagen überhaupt in Amerika härteren Witterungseinflüssen ausgesetzt als in Mitteleuropa. Tatsächlich haben die hohe Luftfeuchtigkeit und grosse Hitze im Sommer und die sehr kalten Winter viele Störungen zur Folge. Die hohe Luftfeuchtigkeit hat hauptsächlich Verstimmung und Unstabilität der Eingangfilter der Empfänger verursacht, während die tiefen Wintertemperaturen (bis -50°C) bei Empfängern, die ja meistens im Freien installiert sind, oft zu mechanischen Verformungen und Verklemmungen geführt haben. Ferner wirkten sich tiefe Temperaturen ungünstig aus, indem die für Kopplungszwecke und andere abgestimmte Kreise benützten Hochspannungskondensatoren (welche auch meistens im Freien montiert sind) Kapazitätsänderungen bis 25% aufwiesen. Bei dieser Gelegenheit kann vermerkt werden, dass sich mit Mineralöl imprägnierte Kondensatoren am besten bewährt haben und nie nennenswerte Resonanzabweichungen verursachten. Jene Kondensatoren aber, die mit einer höheren Dielektrizitätskonstante aufweisenden Flüssigkeit (auf Chlordiphenyl-Basis) imprägniert sind und fast durchwegs für die Verbesserung des Leistungsfaktors verwendet werden, können für abgestimmte

Kreise nicht empfohlen werden, wenn Temperaturen unter 0°C vorkommen.

Was die Signalfrequenz anbetrifft, scheint, wie gesagt, die von der LM benützte Frequenz dem Autor zu hoch. In der Tat hat die Firma Schwierigkeiten infolge zu starker Dämpfung der Impulse. Diese Erscheinung ist besonders ausgeprägt bei stark überlasteten Netzen. Als Faustregel gilt die Erfahrungstatsache, dass eine Anlage mit 3000 Hz Signalfrequenz zufriedenstellend arbeitet, solange die Spannungsabfälle bei 60 Hz vernünftig sind. In alten, stark überlasteten Netzen trifft man aber Verhältnisse, die bei einem schweizerischen Betriebsmann Kopfschütteln erregen würden. In diesen Netzen gehen auch die 3000-Hz-Impulse verloren. Die ungünstigen Verhältnisse konnten teilweise behoben werden, indem mancherorts Kondensatoren zur Leistungsfaktorverbesserung bei 3000 Hz aufgestellt wurden.

Weitere Schwierigkeiten verursachte die zu kleine Eingangsimpedanz der Empfängerfilter. 20Ω mag bei 115 V eine untere Grenze sein; bei Anwendung des gleichen Filters in 230-V-Netzen zeigte es sich aber, dass mehrere Empfänger am gleichen (zu kleinen) Transformator, denselben in Bezug auf die Signalfrequenz zu stark belasteten. Diese Schwierigkeit wurde behoben mit bedeutend höhern Eingangsimpedanzen.

Eine weitere Störungsquelle war das hochempfindliche Relais im Empfänger. Eine anfänglich erhoffte Ansprechempfindlichkeit von 0,5 V erwies sich im Laufe der Zeit als unzuverlässig. Sie musste hinaufgesetzt werden.

Bei der praktischen Dimensionierung von Shuntgliedern und dergleichen kann man Überraschungen erleben. So mass der Autor in Memphis (Tennessee) einen Signalstrom (2000 Hz) von 4,3 A (7,2-kV-Netz), der ein solches Glied durchfloss. Es handelte sich dabei um eine zufällige Resonanzerscheinung in der Nähe eines 4000-kW-Gleichrichters. Diese ca. 5fache Überlastung des Shuntgliedes führte zu dessen Zerstörung.

Die vorstehende Aufführung einiger Mängel und Schwierigkeiten soll kein Tadel an amerikanischen Systemen sein. Die Netzkommandoanlagen sind noch jung im Lande der unbegrenzten Möglichkeiten. Andererseits steht eine schöne Zahl von ausgezeichnet laufenden Anlagen in Betrieb und es werden bald noch mehr und noch bessere Installationen erstellt werden.

Adresse des Autors:

Peter Minder, Dipl. El.-Ing. ETH, 203 N. Chicago Ave. South Milwaukee, Wisconsin, USA.

Ein Universal-Messgerät für Starkstrom

Von E. Blamberg, Basel

621.317.791

Es wird ein neues Wechselstrom-Universal-Messgerät der Klasse 1,5 beschrieben, mit welchem man bei kleinsten mechanischen Abmessungen Spannungen von wenigen V bis hinauf zu 550 V und Ströme von wenigen mA bis hinauf zu 165 A unmittelbar messen, jede beliebige Phasenverschiebung ermitteln und Wirk-, Blind- und Scheinleistungen von wenigen mW, mVar bzw. mVA bis hinauf zu 90 kW, kVar bzw. kVA berechnen kann.

L'auteur décrit un nouvel appareil de mesure universel pour courants alternatifs de la classe 1,5. Malgré un encombrement extrêmement réduit, cet appareil permet de mesurer directement des tensions comprises entre quelques V et jusqu'à 550 V, ainsi que des courants de quelques mA jusqu'à 165 A, de déterminer n'importe quel déphasage et de calculer des puissances actives, réactives et apparentes de quelques mW, mVar ou mVA jusqu'à 90 kW, kVar ou kVA.

1. Grenzen der bekannten Universal-Messgeräte

Die obere Stromgrenze der bisher bekannt gewordenen Universal-Messgeräte, etwa von der Art des «Multavi» und ähnlicher Instrumente, liegt im allgemeinen bei 6 A. Will man stärkere Ströme messen, so muss man sich zusätzlicher Hilfsmittel, wie getrennter Nebenwiderstände oder Stromwandler, bedienen. Der Grund, weshalb man im Gerät selbst bei den gegebenen mechanischen Abmessungen keine höhern Strombereiche anbringen kann, ist in erster Linie in ihrem verhältnismässig grossen Eigenverbrauch zu suchen. Dieser rührt wiederum von der gewählten Schaltung her, die ja für Gleich- und Wechselstrom geeignet sein soll, und bei der man im allgemeinen auf der Stromseite mit unterteilten Nebenwiderständen arbeitet.

Noch eine weitere Eigenschaft der bekannten Universal-Messgeräte wird vom Starkstrom-Techniker als Nachteil empfunden, nämlich die Tatsache, dass man aus der Spannungs- und Strommessung eine Leistungsberechnung nur bei Gleichstrom, nicht aber bei Wechselstrom durchführen kann, da ja keine Möglichkeit besteht, die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom zu erfassen.

2. Anforderungen an ein Starkstrom-Universal-Messgerät

Mit einem Starkstrom-Universal-Messgerät sollte man alle in Niederspannungsanlagen vorkommenden Spannungen, von der Sekundärspannung des Klingeltransformators angefangen bis hinauf zum 500-V-Netz und alle Ströme, von Bruchteilen eines Ampère bis hinauf zu den höchsten in Installationen vorkommenden Werten, messen können. Darüber hinaus sollte die Bestimmung von Leistungen, von wenigen Watt bis hinauf zu möglichst vielen Kilowatt, möglich sein. Weiter erwartet man von einem Universal-Gerät geringe mechanische Abmessungen, eine handliche Form, ein geringes Gewicht und ein möglichst robustes Messwerk, welches auch gelegentlich einen kräftigen Stoss aushält, ohne gleich Schaden zu nehmen. Ein neues Gerät, welches alle diese Forderungen erfüllt, wird im folgenden behandelt.

3. Strommessung bei extrem weitem Messbereichumfang

Die ältern Konstruktionen der Universal-Geräte arbeiten auf der Stromseite mit Nebenwiderständen, an denen ein Spannungsabfall von rund 1 V entsteht. In neuern Konstruktionen wird dieser Spannungsabfall durch Zwischenschalten eines Wandler auf etwa 0,3 V herabgesetzt. Will man mit einem solchen Gerät z. B. 150 A messen, so ergibt sich ein Eigenverbrauch von $150 \cdot 0,3 = 45$ W. Es ist ganz klar, dass man diese elektrische Leistung, die sich ja restlos in Wärme umsetzt, nicht in den üblichen kleinen Gehäusen unterbringen kann.

Man muss also einen andern Weg beschreiten. Dieser besteht in der Verwendung von Stromwandlern. Damit ist allerdings der Verzicht auf die Messung von Gleichstrom verbunden, aber dieser Ver-

zicht dürfte praktisch nicht sehr schwerwiegend sein, weil ja, von wenigen Ausnahmen abgesehen, die normalen Starkstrom-Anlagen mit Wechselstrom arbeiten. Die kleinsten Stromwandler, die man üblicherweise zur Messung stärkerer Ströme verwendet, sind etwa faustgross. Diese Abmessungen müssen sie haben, weil sie sekundär mindestens 5 VA abgeben sollen, da man diese Leistung braucht, um ein Dreheisen-Strommeßsystem oder ein elektro-dynamisches Leistungsmeßsystem zu betreiben. Ein zeigendes Drehspulmesswerk mit Gleichrichter hat dagegen nur einen Eigenverbrauch der Grössenordnung 10^{-4} bis 10^{-3} W. Ein für diese kleine Sekundärleistung gebauter Stromwandler wird bei Verwendung von Nickel-Eisenblech nur etwa halb so gross wie eine Streichholzschachtel. Er braucht ausserdem nur wenige Ampèrewindungen (z. B. 6), um eine für Universal-Geräte genügende Genauigkeit zu besitzen.

Bemisst man z. B. das Drehspulmesswerk mit Gleichrichter für 1 mA Wechselstrom, so muss also der Sekundärstrom des Wandler 1 mA betragen. Bei 6 Ampèrewindungen entspricht dies, von Korrekturen abgesehen, einer sekundären Windungszahl von 6000. Eine solche Wicklung ist mechanisch ohne Schwierigkeiten ausführbar. Die Primärwicklung wird man natürlich zur Erzielung mehrerer Messbereiche mit Anzapfungen versehen. Wählt man etwa die Windungszahlen 4, 12, 40 und 120, so erhält man die Messbereiche 1,5, 0,5, 0,15 und 0,05 A. Die Umschaltung kann mit Hilfe eines leichten Umschalters erfolgen, der maximal nur 1,5 A zu führen hat und höchstens 0,5 A ohne Unterbrechung weiterschalten muss.

Die vorliegende Kombination eines Wandler mit einem Drehspulmesswerk mit Gleichrichter, die nun verschiedene Messbereiche zwischen 0,05 und 1,5 A umfasst, hat einen Eigenverbrauch von der Grössenordnung 10^{-2} VA. Der Gedanke ist also naheliegend, zur Beherrschung grösserer Ströme vor das Ganze noch einmal einen kleinen Stromwandler zu schalten. Tatsächlich gibt ein Wandler von gleichem Eisenaufbau wie der erste bereits bei 5 Ampère-

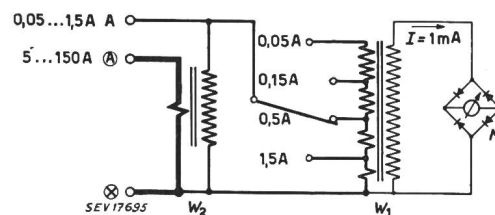


Fig. 1
Strommessung. Grosser Messbereichumfang durch zwei hintereinander geschaltete Stromwandler
M Drehspulmesswerk mit Gleichrichter
W₁, W₂ Stromwandler
A (A) (X) Klemmen

windungen die benötigte Sekundärleistung der Grössenordnung von 10^{-2} VA ab. Gibt man dem zweiten vorgeschalteten Wandler z. B. primär eine einzige Windung und sekundär 100 Windungen, also ein festes Übersetzungsverhältnis von 100 : 1, dann erhält man bei einem Primärstrom von 150 A sekundär 1,5 A, die man nunmehr der 1,5-A-Wick-

lung des ersten Wandlers zuführt. Analog misst man 50 A mit dem Messbereich 0,5 A des ersten Wandlers, 15 A mit 0,15 A und 5 A mit 0,05 A.

Fig. 1 zeigt eine derartige Schaltungsanordnung mit zwei Wandlern. M ist das Drehspulmesswerk mit Gleichrichter, welches bei 1 mA Wechselstrom Endausschlag gibt. W_1 ist der Wandler mit der Sekundärwicklung für 1 mA und verschiedenen Primärwicklungen für Messbereiche zwischen 0,05 und 1,5 A. Das eine Ende der Primärwicklung dieses Wandlers liegt an der gemeinsamen Eingangsklemme des Gerätes \otimes . Die Anzapfungen werden über einen Umschalter mit der Klemme A verbunden.

Ausserdem liegt zwischen den Klemmen \otimes und A die Sekundärwicklung des Wandlers W_2 mit 100 Windungen, während die Primärwicklung nur aus einem durchgesteckten Leiter, der für maximal 150 A bemessen ist, besteht. Dieser Primärleiter liegt zwischen den Klemmen \otimes und A; beim Anschluss an \otimes und A beherrscht man somit die Messbereiche zwischen 0,05 und 1,5 A; beim Anschluss an die Klemmen \otimes und A die Messbereiche zwischen 5 und 150 A.

Benutzt man die Klemmen \otimes und A zur Messung kleinerer Ströme als 1,5 A, so liegt die Sekundärwicklung des Wandlers W_2 diesen Klemmen parallel. Das schadet aber nichts, da der Wandler W_2 primär offen und in diesem Zustand die Reaktanz der Sekundärwicklung so gross ist, dass der sie durchfliessende, nicht mitgemessene Fehlerstrom so klein bleibt, dass er innerhalb der Anzeigetoleranz liegt.

4. Spannungsmessungen

Für Spannungsmessungen benutzt man das 1-mA-Drehspulmesswerk mit Gleichrichter in einfachster Weise mit einer Reihe umschaltbarer Vorschaltwiderstände R_v (siehe Fig. 2). Der Anschluss hat

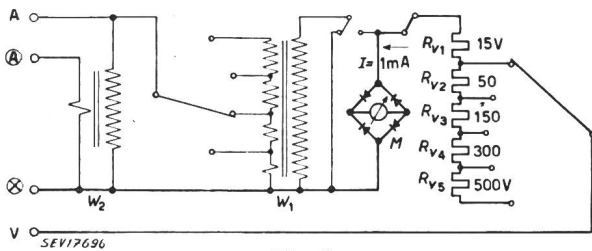


Fig. 2

Spannungsmessung mit umschaltbaren Vorwiderständen

- M Drehspulmesswerk mit Gleichrichter
- R_v Vorschaltwiderstände
- W_1, W_2 Stromwandler
- V A \otimes Klemmen

dabei an die Klemmen \otimes und V zu erfolgen. Will man bei dieser Messung die Stromverbindungen bestehen lassen, dann muss man mit Hilfe eines Umschalters den einen Pol der Sekundärwicklung des Wandlers W_1 vom Messwerk abtrennen und die Sekundärwicklung selbst kurzschliessen, wie es in Fig. 2 schaltungsmässig dargestellt ist.

5. Ermittlung der Phasenverschiebung

Wechselstromgrössen sind gerichtete Grössen, die durch Vektoren dargestellt werden können. Trifft

man die Schaltung derart, dass, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist, dem Messwerk gleichzeitig der Spannungsvektor und der Stromvektor zugeführt werden, so muss es je nach Polung entweder die Vektorsumme oder die Vektordifferenz anzeigen. Zweckmässigerweise zieht man die Anzeige der Vektordifferenz vor. Man darf sich bei dieser Betrachtung nicht daran stören, dass es sich einmal um einen Spannungsvektor und das andere Mal um

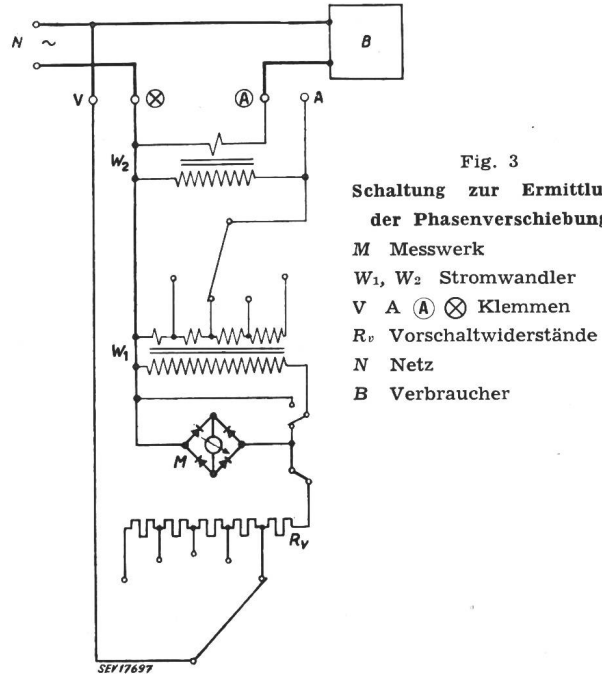


Fig. 3

Schaltung zur Ermittlung der Phasenverschiebung

- M Messwerk
- W_1, W_2 Stromwandler
- V A \otimes Klemmen
- R_v Vorschaltwiderstände
- N Netz
- B Verbraucher

einen Stromvektor handelt, und dass diese Vektoren je nach Stellung der Messbereichumschalter die verschiedensten Werte repräsentieren. Im Messwerk selbst treten ja, physikalisch gesehen, nur Stromvektoren auf, die irgendwie den Messgrössen proportional sind und einen Höchstwert von 1 mA aufweisen. Auch der Differenzvektor ist ein Stromvektor im gleichen Maßstab. Setzt man nun diese drei Vektoren, also den Spannungsvektor \vec{U} , den Stromvektor \vec{I} und den Differenzvektor $\vec{\Delta}$ zu einem Drei-

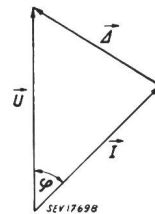


Fig. 4

Vektordreieck zur Ermittlung der Phasenverschiebung

- \vec{U} Spannungsvektor
- \vec{I} Stromvektor
- $\vec{\Delta}$ Differenzvektor
- φ Phasenverschiebung

eck zusammen, so enthält dieses u. a. den Winkel φ der Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom (Fig. 4).

Der Winkel φ lässt sich nach den Regeln der Trigonometrie aus einem Dreieck, dessen drei Seiten bekannt sind, berechnen. Es ergibt sich:

$$\cos \varphi = \frac{U^2 + I^2 - \Delta^2}{2UI}$$

Man kann sich aber auch das Dreieck aufzeichnen und den Winkel ausmessen oder von einem einfachen Rechenhilfsmittel, wie es

in Fig. 5 dargestellt ist, Gebrauch machen. Das kleine Hilfsgerät besteht aus einer Blechtafel, auf der eine senkrechte Skalenteilung aufgebracht ist. Weiter ist ein drehbares Lineal vorhanden mit einer Skala, deren Nullpunkt mit dem der senkrechten Skala übereinstimmt. Schliesslich gehört zu dem Gerät noch ein frei bewegliches Linal mit einer dritten Skala.

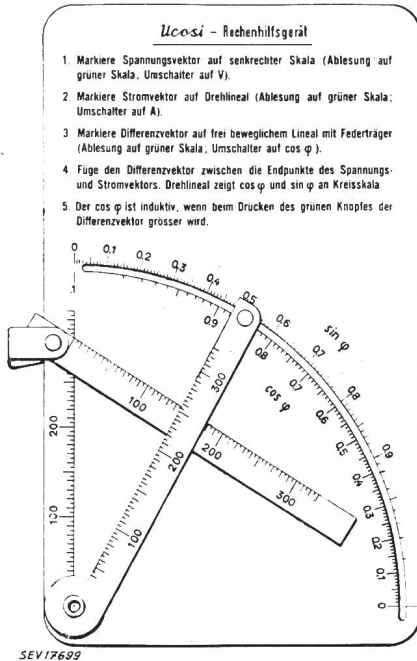


Fig. 5
Rechenhilfsmittel zur Ermittlung des $\cos \varphi$ und des $\sin \varphi$

An der senkrechten Skala markiert man sich nun den Spannungsvektor, an der drehbaren Skala den Stromvektor und am freien Lineal den Differenzvektor. Diesen schiebt man zwischen die Endpunkte der beiden andern und liest dann an der Kreisskala den $\cos \varphi$ und den $\sin \varphi$ unmittelbar ab.

Ob die Phasenverschiebung induktiv oder kapazitiv ist, weiss man in vielen Fällen vorher aus den Schaltungsbedingungen. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dies mit Hilfe des Messgerätes selbst festzustellen. Durch Drücken eines Knopfes wird ein Kondensator in den Spannungskreis eingeschaltet, der dem Spannungsvektor eine kleine, künstliche kapazitive Phasenverschiebung erteilt. Bewirkt diese eine Vergrösserung des Differenzvektors, so liegt induktive Verschiebung vor, wird der Differenzvektor dadurch kleiner, so hat man es mit kapazitiver Phasenverschiebung zu tun. Diese einfache Prüfmethode versagt jedoch, wenn der $\cos \varphi > 0,99$, d. h., wenn der Differenzvektor sehr klein ist.

6. Berechnung der Leistung

Nachdem man die Spannung und den Strom gemessen und den $\cos \varphi$ ermittelt hat, berechnet sich in bekannter Weise die Scheinleistung zu $U \cdot I$, die Wirkleistung zu $U \cdot I \cdot \cos \varphi$ und die Blindleistung zu $U \cdot I \cdot \sin \varphi$.

Beim kleinsten Strommessbereich von 50 mA lassen sich 10 mA noch recht genau messen, beim kleinsten Spannungsmessbereich von 15 V kann man 3 V ebenfalls noch recht genau ermitteln. Liest man dazu noch einen $\cos \varphi$ von z. B. 0,5 ab, so ergibt sich eine Leistung von 15 mW. Misst man dagegen bei einer Spannung von 500 V einen Strom von 150 A, so erhält man bei $\cos \varphi = 1$ eine Leistung von 75 kW. Man beherrscht also bei Leistungsmessungen einen Messbereichumfang von sechs Zehnerpotenzen.

7. Konstruktiver Aufbau des Gerätes

Fig. 6 zeigt die Frontansicht des Gerätes. Die Klemmenbezeichnungen stimmen mit denen der Fig. 2 und 3 überein. S_1 ist der Spannungs-Messbereichumschalter, S_2 der Strom-Messbereichumschalter, S_3 der Messgrössenumschalter, K der Druckknopf zur Lagebestimmung.

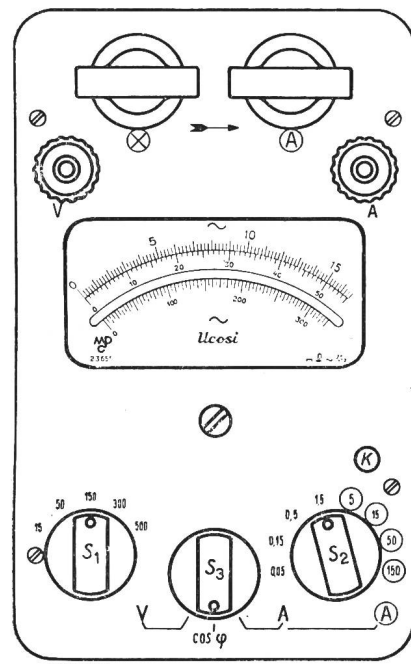


Fig. 6
Starkstrom-Universal-Messgerät
K Druckknopf zur Lagebestimmung
 S_1 Spannungs-Messbereichumschalter
 S_2 Strom-Messbereichumschalter
 S_3 Messgrössenumschalter
V A (A) ⊗ Klemmen

reichumschalter, S_2 der Strom-Messbereichumschalter, S_3 der Messgrössenumschalter, K der Druckknopf, mit Hilfe dessen man feststellt, ob die Phasenverschiebung induktiv oder kapazitiv ist. Das Gerät hat die Aussenabmessungen $170 \times 105 \times 75$ mm und wiegt 1 kg.

Als Drehspulmesswerk fand ein solches modernster Bauart mit Kernmagnet und reibungsfreier kurzer Spannbandlagerung Verwendung. Es ist praktisch stossfest. Die Skalen sind um 10% über den Nennwert hinaus aufgetragen, was auch die Erfassung kleiner Überlastungen noch gestattet.

8. Messgenauigkeit

Das Gerät hält für Spannungs- und Strommessungen alle Bedingungen der Klasse 1,5 ein. Bei

den Anzeigefehlern ist ja zu unterscheiden, ob sie physikalisch in der Messmethode selbst begründet sind, ob sie auf Unvollkommenheiten der Fertigung (Toleranzen der einzelnen Bauelemente) beruhen, oder ob sie ihre Ursache in äusseren Einflussgrössen wie der Temperatur usw. haben.

Mit allen andern Universal-Messgeräten hat das neue Gerät den methodischen Fehler gemeinsam, dass mit dem Gleichrichter der arithmetische Mittelwert der Wechselstromhalbwelle und nicht der Effektivwert gemessen wird. Für die Grundwelle wird dieser Unterschied natürlich eingeeicht. Bei starkem Oberwellengehalt der Spannungs- oder Stromkurve können jedoch Abweichungen gegenüber den Angaben von Dreheisen- oder elektrodynamischen Messwerken, die den Effektivwert zeigen, auftreten. Dass dieser Tatsache aber praktisch keine grosse Bedeutung zukommt, wird durch die weitverbreitete Verwendung der Universal-Geräte bewiesen.

Was die Fertigungstoleranzen der Bauelemente betrifft, so ist es nicht besonders schwierig, diese bei den kleinen Stromwandlern unter 0,5 % zu halten. Das gleiche gilt für die Vorschaltwiderstände und für das Drehspulmesswerk selbst.

Von den Einflussgrössen pflegt sich die Temperatur am stärksten bemerkbar zu machen. Hier hat das neue Gerät gegenüber den alten den Vorteil, dass es bei allen Messbereichen mit aufgezwungenem Strom und nicht etwa als Millivoltmeter arbeitet; bekanntlich ist bei Strommessern die Widerstandsänderung mit der Temperatur ohne Einfluss auf die Anzeige. Tatsächlich entspricht eine Temperaturänderung von + 10 °C einer Änderung der Anzeige des Gerätes um nur ca. 0,2 %.

Was den Frequenzeinfluss betrifft, so hält das Gerät die Klassengenauigkeit im Frequenzbereich von 16^{2/3} bis 3000 Hz ein.

Adresse des Autors:

Dr.-Ing. E. Blamberg, Camille Bauer A.-G., Dornacherstr. 18, Basel.

La répartition transversale de la tension alternative et continue dans l'isolant des câbles à haute tension

Par E. Pugliese, Pully

621.315.21.048.015.1

Il est démontré que dans un câble, convenablement choisi et exploité, alimenté en courant continu, on peut faire travailler l'isolant à une contrainte électrique sensiblement constante en tout point; ce qui revient à dire que, indépendamment d'autres considérations, le gradient, donc la tension de service, pourra être augmenté par rapport à un même câble alimenté en alternatif.

Der Autor zeigt, dass es bei richtiger Wahl und richtigem Betrieb eines mit Gleichstrom gespeisten Kabels möglich ist, das Dielektrikum praktisch in allen Punkten konstanter Beanspruchung zu unterwerfen. Das bedeutet, dass die Feldstärke und damit die Betriebsspannung gegenüber dem gleichen mit Wechselstrom betriebenen Kabel unabhängig von andern Erwägungen erhöht werden können.

Introduction

Quelques données théoriques confirmées par des essais nous apportent un élément de plus en faveur du transport d'énergie électrique par câbles en courant continu à haute tension. La répartition de la

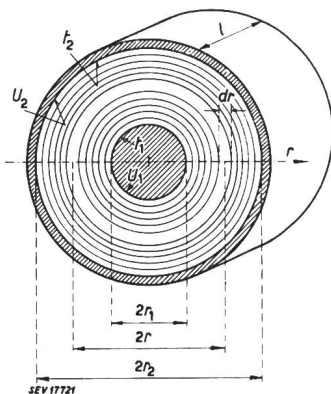


Fig. 1
Section d'un câble

- r_1 rayon du conducteur
- r_2 rayon intérieur de la gaine métallique
- r rayon quelconque compris entre r_1 et r_2
- $U_1 = U$ tension du conducteur par rapport à la gaine métallique, donc par rapport à la terre
- U_2 tension de la gaine métallique par rapport à la terre = 0
- U_r tension à un rayon quelconque r compris entre r_1 et r_2
- t_1 température à la surface du conducteur en régime stationnaire
- t_2 température à la surface intérieure de la gaine métallique en régime stationnaire
- t_r température à un rayon quelconque r compris entre r_1 et r_2
- l longueur unité

tension continue dans un câble convenablement choisi est, en charge, plus favorable que dans un même câble soumis à une tension alternative.

Soit un tronçon de câble de longueur égale à l'unité, constitué par un conducteur, un isolant et une gaine métallique (voir fig. 1). La gaine métallique est mise à la terre, le conducteur à la tension. Si nous assimilons chaque couche infiniment mince d'isolant à un condensateur shunté d'une résistance, le circuit équivalent à une longueur unité de câble est celui représenté par la figure 2.

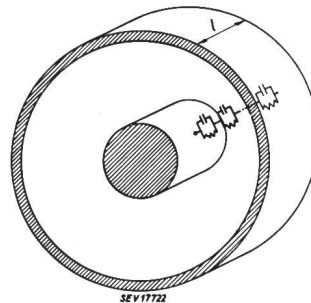


Fig. 2
Circuit équivalent à une longueur unité de câble
 l longueur unité

Considérons le circuit équivalent à une couche d'isolant d'épaisseur dr se trouvant au rayon r . En désignant par dZ_r l'impédance, par dC_r la capacité et par dR_r la résistance de cette couche, nous avons:

$$dZ_r = \frac{dR_r}{1 + j\omega dC_r dR_r} \quad (1)$$