

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 11 (1920)
Heft: 5

Artikel: Über die Verwendung von Kondensatoren zu Hochspannungsmessungen
Autor: Imhof, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056289>

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: 12.01.2026

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

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Erscheint monatlich mit den Jahres-Beilagen „Statistik der Starkstromanlagen der Schweiz“ sowie „Jahresheft“ und wird unter Mitwirkung einer vom Vorstand des S. E. V. ernannten Redaktionskommission herausgegeben.

Alle den Inhalt des „Bulletin“ betreffenden Zuschriften sind zu richten an das

Generalsekretariat
des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins,
Neumühlequai 12, Zürich 1 - Telefon: Hottingen 37.08

Alle Zuschriften betreffend Abonnement, Expedition und Inserate sind zu richten an den Verlag:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G.,
Hirschengraben 80/82 Zürich 1 Telefon Hottingen 36.40

Publié sous la direction d'une Commission de Rédaction nommée par le Comité de l'A. S. E.

Ce bulletin paraît mensuellement et comporte comme annexes annuelles la „Statistique des installations électriques à fort courant de la Suisse“, ainsi que l'„Annuaire“.

Prière d'adresser toutes les communications concernant la matière du „Bulletin“ au

Secrétariat général
de l'Association Suisse des Electriciens
Neumühlequai 12, Zurich 1 - Telefon: Hottingen 37.08

Toutes les correspondances concernant les abonnements, l'expédition et les annonces, doivent être adressées à l'éditeur:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei S. A.
Hirschengraben 80/82 Zurich 1 Téléphone Hottingen 36.40

Abonnementspreis
für Nichtmitglieder inklusive Jahresheft:
Schweiz Fr. 15.—, Ausland Fr. 25.—.
Einzelne Nummern vom Verlage Fr. 1.50 plus Porto.

Prix de l'abonnement annuel (gratuit pour les membres de l'A. S. E.), y compris l'Annuaire Fr. 15.—
pour la Suisse, Fr. 25.— pour l'étranger.
L'éditeur fournit des numéros isolés à Fr. 1.50, port en plus.

XI. Jahrgang
XI^e Année

Bulletin No. 5

Mai
Mai 1920

Ueber die Verwendung von Kondensatoren zu Hochspannungsmessungen.

Von *Alfr. Imhof*, Dipl. Ing., Winterthur.

Angesichts der Schwierigkeiten, welche sich der praktischen Gestaltung elektrostatischer Spannungsmesser für hohe Spannungen entgegenstellen, wurde 1893 von A. Franke¹⁾ die Serienschaltung eines Kondensators mit dem Elektrometer vorgeschlagen, 1898 von Peukert²⁾ die stufenweise Unterteilung der hohen Spannung durch hintereinandergeschaltete Kondensatoren; an den Klemmen eines derselben ist ein statisches Voltmeter anzuschliessen. Seither haben verschiedene Firmen von diesen Methoden praktisch Gebrauch gemacht.

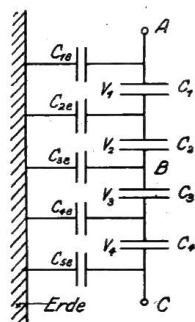


Fig. 1

Beim Studium der diesbezüglichen Literatur ist mir aufgefallen, dass bei allen theoretischen Abhandlungen gewisse Vernachlässigungen gemacht wurden, welche nach meiner Erfahrung nicht statthaft sind und deren Berücksichtigung die vielen Misserfolge, die immer wieder bei der praktischen Ausgestaltung solcher Instrumente auftraten, grossenteils erklären und beseitigen lassen. Dies veranlasst mich, die von mir früher³⁾ entwickelte genauere Theorie der statischen Instrumente mit Vorschaltkondensatoren hier noch eingehender zu behandeln. Der Abgeschlossenheit der Arbeit wegen müssen einige der frühern Ansätze wiederholt werden.

Schaltet man n Kondensatoren mit den Kapazitäten C_1, C_2, \dots, C_n in Serie, so verteilt sich die Potentialdifferenz zwischen den äussersten Klemmen auf die Kondensatoren nach der Gleichung

$$V_1 : V_2 : V_3 : \dots : V_n = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} : \dots : \frac{1}{C_{n-1}} : \frac{1}{C_n}$$

¹⁾ Wiedemanns Annalen. Bd. 50, 1893.

²⁾ E. T. Z. 1901, S. 265.

³⁾ Bulletin 1919, S. 47.

Bei allen praktischen Anwendungen besitzt jede Kondensatorelektrode noch eine Kapazität gegen Erde, welche auch bei technischen Messinstrumenten nicht übersehen werden darf. Die Erde bildet gewissermassen eine gemeinsame Hülle mit dem Potential null. Die Kapazitäten C_{1e} , C_{2e} usw. (Fig. 1) sind meist vernachlässigt worden.

Die Berechnung der Spannungsverteilung auf die einzelnen Kondensatoren ergibt eine etwas langwierige Gleichung, in der C_{1e} und C_{5e} vorkommen. Misst man V_1 , V_2 . . . durch Anschluss eines statischen Voltmeters (mit relativ kleiner Eigenkapazität), so gibt die Summe der Einzelangaben natürlich die richtige Gesamtspannung. Da aber die Kapazitäten C_{1e} , C_{2e} . . . nicht nur mit dem Aufstellungsort der Messanordnung, sondern auch mit der Art der umgebenden Gegenstände, der Zahl und Distanz hinzutretender Personen, ja mit der Luftfeuchtigkeit (weil z. B. Holzgegenstände mehr oder weniger leitend werden) variieren können, eignet sich eine solche Kondensatordisposition niemals für technische Messinstrumente.

Brauchbar sind nur spezielle Ausbildungen obiger Schaltung und es soll im folgenden untersucht werden, welche hiezu gehören:

1. Die Kapazitäten C_{2e} , C_{3e} , C_{4e} gegen Erde werden dadurch konstant gemacht, dass man den ganzen Apparat mit einem geerdeten Mantel umgibt, der in bezug auf den Apparat stets dieselbe Lage einnimmt. Wir sind aber nicht imstande, C_{1e} und C_{5e} konstant zu halten, sind doch darin die Kapazitäten der Zuleitungen und der daran geschlossenen Apparate gegen Erde inbegriffen. Auch diese Disposition ist deshalb von vornherein zu verwerfen.

2. Irgend ein Punkt der Kondensatorreihe wird mit dem geerdeten Zylinder leitend verbunden (Fig. 2). Es ist dann:

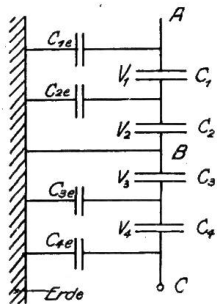


Fig. 2

$$V_{AC} = V_{AB} + V_{BC} \text{ die Spannungsdifferenz zwischen A und C.}$$

$$V_{AB} = V_1 + V_2 ; \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{C_2 + C_{2e}}{C_1}$$

$$V_{BC} = V_3 + V_4 ; \quad \frac{V_3}{V_4} = \frac{C_3 + C_{3e}}{C_4}$$

Alle in diesen Gleichungen vorkommenden Kapazitäten sind konstant, ebenso ist die Spannungsverteilung auf die Kondensatoren eindeutig. Diese Schaltung ist deshalb für Messzwecke geeignet.

2a) Bei nur zwei Kondensatoren kann sogar die Ummantelung durch den geerdeten Zylinder weggelassen werden, wenn ein Punkt zwischen beiden geerdet wird. Es ist dann einfach:

$$V_{AC} = V_1 + V_2 \text{ (Fig. 3)}$$

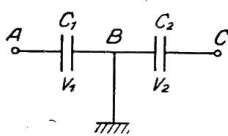


Fig. 3

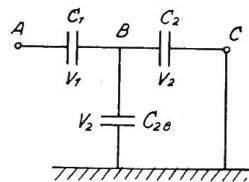


Fig. 4

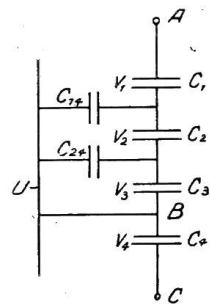


Fig. 5

2b) Ist aber die eine Zuführung geerdet, (Fig. 4) so wird die Ummantelung nötig.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_2 + C_{1e}}{C_1}$$

Die Sonderfälle 2a und 2b sind namentlich praktisch bedeutsam. Der Fall 2a erfordert insofern Vorsicht, als, sobald eine der beiden Zuleitungen geerdet wird, die ganze Spannung E

auf den nicht anliegenden Kondensator fällt. Das vermindert seine technische Anwendungsfähigkeit erheblich. Die Schaltung 2b kann mit Vorteil für technische Instrumente zur Isolationskontrolle zwischen Leitungen und Erde benutzt werden.

3. Mit irgend einem Punkte der Kondensatorreihe sei ein den ganzen Apparat einhüllender Mantel leitend verbunden (Fig. 5).

$$\frac{V_{AB}}{V_{BC}} = \frac{C_{II}}{C_I}$$

C_I = resultierende Kapazität aus $C_1, C_{14}, C_2, C_{24}, C_3$

C_{II} = resultierende Kapazität aus C_4 (hier nur C_4).

Alle vorkommenden Kapazitäten sind konstant. Der Fall ist eindeutig und deshalb, wenigstens ohne Beachtung weiterer Gesichtspunkte, auch praktisch verwertbar.

Berücksichtigung der Isolationsunvollkommenheiten.

In den bisherigen Publikationen über dieses Thema sind ohne weiteres ideale Kondensatoren angenommen worden. Ich selbst tat dies auch anfänglich, wurde aber durch die Erfahrungen gezwungen, davon abzugehen. Dass wir es nicht mit idealen Kondensatoren zu tun haben, zeigt sich hier besonders unangenehm. Es ist ein Hauptproblem für das gute Gelingen solcher Instrumente, der unendlich hohen Isolation möglichst nahe zu kommen. Wir beachten fortan nur Schaltungen, die sich im Vorstehenden als brauchbar erwiesen haben und nummerieren sie wie vorstehend.

2. Zu jedem Kondensator ist ein hoher ohm'scher Widerstand parallel geschaltet gedacht (in Fig. 2). Z_1 und Z_2 seien die scheinbaren Widerstände zwischen den Punkten AB und CB , z_1, z_2, \dots die scheinbaren Widerstände, an denen wir die Spannungen V_1, V_2, \dots haben, r_1, r_2, \dots die zu diesen letzteren parallelen Isolationswiderstände.

$$\frac{V_{AB}}{V_{BC}} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad \text{darin ist } V_{AB} = V_1 + V_2$$

wobei:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{z_1}{z_2} = \sqrt{\frac{r_1^2 [1 + (r_2 \omega C_2)^2]}{r_2^2 [1 + (r_1 \omega C_1)^2]}}$$

und analog:

$$\frac{V_4}{V_3} = \frac{z_4}{z_3} = \sqrt{\frac{r_4^2 [1 + (r_3 \omega C_3)^2]}{r_3^2 [1 + (r_4 \omega C_4)^2]}}$$

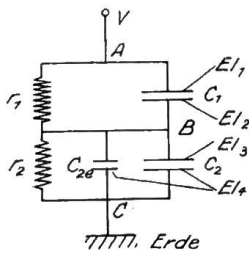


Fig. 6

Sind also die Isolationswiderstände nicht unendlich gross, so ist die Spannungsverteilung auf die einzelnen Kondensatoren abhängig von der Kreisfrequenz ω des Wechselstromes. Um zu zeigen, in welcher Weise sich die endlichen Isolationswiderstände praktisch äussern, behandle ich das spezielle, technisch wichtige Beispiel.

2b) (Fig. 6) Potentialdifferenz zwischen A und $B = V_1$ Scheinbarer Widerstand = z_1
Potentialdifferenz zwischen B und $C = V_2$ Scheinbarer Widerstand = z_2

$$z_1 = \sqrt{\frac{r_1^2}{1 + (r_1 \omega C_1)^2}} \quad z_2 = \sqrt{\frac{r_2^2}{1 + (r_2 \omega C_2')^2}} \quad C_2' = C_2 + C_{2e}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{z_1}{z_2} = \sqrt{\frac{r_1^2 [1 + (r_2 \omega C_2')^2]}{r_2^2 [1 + (r_1 \omega C_1)^2]}}$$

Die Spannungsverteilung soll, um den Apparat für technische Messzwecke brauchbar zu machen, konstant bleiben. Bei abnehmendem Isolationswiderstand konvergiert $\frac{V_1}{V_2}$ gegen $\frac{r_1}{r_2}$,

bei zunehmendem gegen $\frac{C_2}{C_1}$. Unabhängig von ω ist die Spannungsverteilung nur für die Fälle, wo $r_1 = r_2 = \infty$ und $\frac{r_1}{r_2} = \frac{C_2'}{C_1}$. Sofern ω nicht gleich null ist, kann $\frac{V_1}{V_2}$ auch

als praktisch konstant angenommen werden für sehr grosse, tatsächlich erreichbare Isolationswiderstände, zu Gleichstrommessungen aber ist eine ganz genügende Isolation kaum dauernd einzuhalten. Sinkt die Raumtemperatur unter den Taupunkt, so überschlagen sich die Isolationen mit einer Feuchtigkeitsschicht, welche die richtige Spannungsverteilung auf die beiden Kondensatoren stört. Gute Dienste leisten in solchen Fällen Paraffin und Kolophoniumrillen und Imprägnierungen.

Der Kondensator C_2 kann nun ein statisches Voltmeter für eine Spannung von wenigen tausend Volt sein, C_1 ein Vorschaltkondensator, der die übrige Spannung aufnimmt. Dass C_2 mit dem Zeigerausschlag etwas variiert, hat auf das Prinzipielle obiger Erwägungen keinen Einfluss. Dieselben Ueberlegungen gelten auch für die Anordnung von Peukert, wo das statische Voltmeter parallel zum Kondensator C_2 geschaltet wird. Durch das Voltmeter wird lediglich C_2 vergrößert und eine Funktion des Zeigerausschlages.

Dass also Kondensatoren mit festem Dielektrikum zu Gleichspannungsmessungen nicht verwendbar sind, hat die Ursache in den zu geringen Isolationswiderständen parallel zu den Kondensatoren bei den relativ kurzen Isolationswegen. Luftkondensatoren kann man zwar leicht mit langen Isolationswegen versehen, nicht wohl aber die statischen Voltmeter selbst. Es wird also kaum gelingen, technische Gleichspannungsmesser mit Seriiekondensatoren herzustellen, welche dauernd richtig zeigen. Vorläufige Versuche mit einer Influenzmaschine ergaben immerhin nur um schätzungsweise 20% zu niedrige Ausschläge.

Einfluss der Randentladungen.

Wegen den Spitzenentladungen wird die Zahl der brauchbaren Kondensatoranordnungen noch weiter reduziert. Sind in Fig. 6 die Widerstände r_1 und r_2 wie erforderlich sehr hoch, so bilden die Elektroden EI_2 und EI_3 mit der Verbindungsleitung zusammen ein völlig abisoliertes System, das eine einmal erhaltene Ladung längere Zeit beibehält. Besitzt eine solche Elektrode irgendwelche Spitze (z. B. einen scharfen Blechrand) um welche die Luft, wenn auch nur bei Höchstspannungen, bis zum Glimmen beansprucht wird, so nimmt dieses isolierte System eine Ladung an, die es nur sehr langsam über die Widerstände r_1 und r_2 wieder abgibt. Der Zeiger eines etwa durch C_2 gebildeten oder C_2 parallel geschalteten statischen Voltmeters würde einer abnehmenden Messspannung nicht sofort folgen. Diese Erscheinung habe ich tatsächlich mehrfach experimentell beobachtet und musste dann peinlich scharfe Metallränder vermeiden. Am statischen Anzeigeinstrument selbst ist dies aber kaum möglich, wenn man nicht Oel verwenden will. Das dünne Blech, aus dem der drehbare Flügel gebildet ist, gibt bei hoher Feldstärke stets Anlass zu Randlichtern. Dies wird erst durch Erdung des Flügels (d. h. der Elektrode EI_4) gründlich vermieden. Die Aufladung durch Spitzenwirkung ist also ein wichtiger Grund, statische Voltmeter mit Vorschaltkondensator im allgemeinen einpolig an Erde zu legen.

Einfluss unvollkommener Abschirmung.

In Schaltung 2 besteht die vollkommene Abschirmung gegen äussere Einflüsse darin, dass die geerdete Elektrode alle Kondensatoren völlig umhüllt, dass also ausserhalb dieser Hülle keine elektrischen Linien enden (ausgenommen die von A und C ausgehenden).

In Schaltung 3 ist dann eine vollkommene Abschirmung erreicht, wenn U alle Kondensatoren so umhüllt, dass keine elektrischen Linien auf Erde enden können, mit Ausnahme der von den Leitern A und C ausgehenden. (Ein elektrischer Kraftfluss oder ein Strom zwischen A und C hat auf die Spannungsverteilung des Systems keinen Einfluss.)

Im speziellen Fall der Fig. 6 muss also die geerdete Elektrode EI_4 das ganze Instrument umhüllen. Für Spannungen bis zu etwa 30 000 Volt ist dies noch durchführbar, aber mit

weiter steigender Spannung wird eine Umhüllung immer schwieriger, sofern man nicht äusserst unförmige, unpraktische Instrumente erhalten will. Eine unvollkommene Umhüllung muss sich dadurch äussern, dass sich der Zeigerausschlag z. B. bei Annäherung eines grossen geerdeten Leiters ändert. Glücklicherweise sind elektrostatische Messinstrumente auch bei nur teilweiser Umhüllung mit einem geerdeten Mantel nicht sehr empfindlich auf die Annäherung anderer geerdeter Gegenstände. Dagegen zeigt sich die geringste Unvollkommenheit der Abschirmung dadurch, dass sich der Ausschlag ändert, wenn die Erdung gelöst wird.

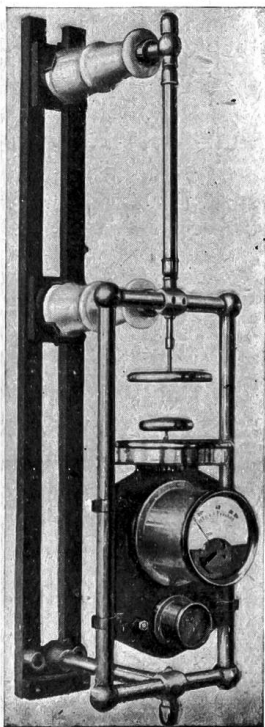


Fig. 7

Nach dem Schema der Fig. 6 werden heute bereits viele Instrumente gebaut wie beispielsweise für die Werke der elektrifizierten Gotthardbahn. Auf eine vollkommen geerdete Umhüllung wurde bewusst verzichtet, nachdem es sich zeigte, dass bei zweckmässiger Verteilung der Schirmflächen die technischen Vorteile die Nachteile einer totalen Umhüllung überwogen. Wie diese Flächen angebracht sind, zeigt wohl am besten das photographische Bild eines solchen von Trüb, Täuber & Co., Zürich ausgeführten Apparates (Fig. 7). Derselbe ist geeicht für 80 000 Volt und geprüft mit 120 000 Volt. Anzeigeeinstrument *A* samt dem darüber befindlichen Vorschaltkondensator mit Luftdielektrikum sind in einem rechteckigen Rahmen aus polierten Hartpapierrohren zusammengebaut. Der oberhalb desselben befindliche Teil ist eine Spezialsicherung. Das Anzeigeeinstrument ist ein statisches Voltmeter für eine Spannung von ca. 3000 Volt, kombiniert mit einem statischen Relais, welches bei beliebig einstellbarer Spannung das Zwischenrelais *R* in Tätigkeit setzt. Dieses bringt dann eine Lampe auf der Schalttafel zum Aufleuchten. Ich beabsichtige nicht, das Instrument an dieser Stelle genauer zu beschreiben, sondern hauptsächlich die Anordnung der Schirmflächen zu zeigen. Der bewegliche Flügel des Anzeigeeinstrumentes ist geerdet. Die Blechzungen, welche den Flügel zwischen sich hineinziehen, bilden die Kondensatorelektroden EI_3 der Fig. 6. EI_2 ist die pilzförmige Elektrode, die über dem Anzeigeeinstrument sichtbar ist. Die Blechzungen sind von den geerdeten Rahmen des Messsystems und namentlich von dem geerdeten runden Metallgehäuse umgeben. (Dieses ist in der ersten Ausführung, die durch die Figur 7 dargestellt

ist, noch ein Hartpapiergehäuse.) Die Elektrode EI_2 ist von dem grossen geerdeten Ring umgeben und auch der grösste Teil der Verbindungsleitung zwischen EI_2 und EI_3 wird von demselben und von kleinern Schutzblechen umhüllt. Im übrigen ist diese Verbindungsleitung mit möglichst kleiner Fläche ausgeführt, um die Kapazität gegen die Umgebung zu vermindern. Eine solche Abschirmung hat sich als praktisch genügend erwiesen. Wünschbar ist noch eine Deformation der Kraftlinien zwischen der obersten Elektrode EI_1 und EI_2 zu verhindern. Dies wurde bei einigen Apparaten sehr vollkommen erreicht, indem die obere Elektrode als Glocke, die untere, in der Glocke befindliche, als Zylinder mit halbkugeligen Abschlüssen geformt wurde. Ueber 50 000 Volt Spannung erhält man aber sehr grosse Glocken und Schutzzyylinder; auch bereitet die richtige Regulierung der Kapazität bei der Eichung einige Schwierigkeiten, sodass man zu der oben erwähnten Form überging. Die oberste Elektrode ist grösser als die untere gewählt, damit sich von derselben nach dem geerdeten Ring ein Kraftlinienkranz ausbildet, wodurch eine dem Thomson'schen Schutzring ähnliche Wirkung erzielt wird. Durch Heben oder Senken der verstellbaren obern Elektrode kann der Ausschlag des Anzeigeeinstrumentes reguliert werden. Einflüsse der Umgebung sind, solange man sich dem Vorschaltkondensator nicht allzusehr nähert, kaum bemerkbar. Bei 16 cm Elektrodendistanz bewirkt eine Drahtgitterumhüllung in ca. 50 cm Abstand von der Instrumentenaxe ein Zurückgehen des Zeigers um 3%, bei 100 cm Abstand nur noch um 0,7%. Die als Dielektrikum dienende Luft kann so frei entweichen, dass die sonst gefürchtete Explosionsgefahr bei Kurzschluss sehr vermindert wird.

Die Schaltung nach Fig. 6 wird von der Firma Trüb, Täuber & Co. noch in einer weitem Anwendungsart ausgeführt, die meines Wissens noch nicht bekannt ist. Das Instru-

ment besteht aus zwei Duantenpaaren (Fig. 8), dem drehbaren Flügel und dem geerdeten Metallgehäuse. Das eine Duantenpaar ist geerdet und bildet mit der darin befindlichen Flügelhälfte gewissermassen den an Erde liegenden Kondensator. Das andere Duantenpaar

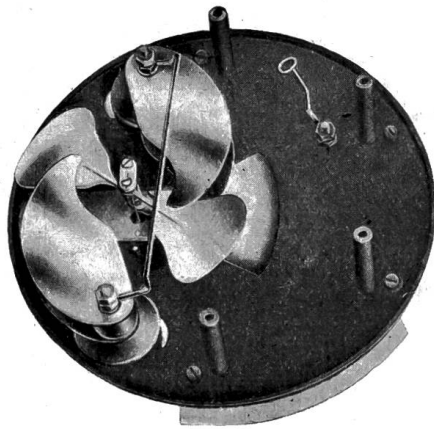


Fig. 8

ist mit der spannungsführenden Klemme verbunden und bildet mit der darin befindlichen Flügelhälfte den Vorschaltkondensator. Das Metallgehäuse umhüllt das ganze System fast vollständig, sodass dieses Instrument von äussern Einflüssen praktisch ganz unabhängig ist. Gegen ungenügende Isolationswiderstände ist es wenig empfindlich, denn wenn sich die Spannung nicht immer genau im selben Verhältnis (ca. 1 : 1) auf beide Kondensatoren verteilt, so wirkt allerdings auf die eine Flügelhälfte eine etwas kleinere, dafür aber auf die andere Hälfte eine grössere Kraft. Mit solchen Instrumenten erreicht man doppelt so hohe Spannungsmessbereiche als bei gewöhnlicher Schaltung statischer Voltmeter.

Zusammenfassung.

1. Es wird untersucht, welche Kondensatorschaltungen für technische elektrostatische Spannungsmesser angewandt werden dürfen.
2. Der Einfluss der ohm'schen Leitfähigkeit der Kondensatoren wird untersucht und es wird gezeigt, dass für genaue Gleichstrominstrumente keine Vorschaltkondensatoren angewandt werden dürfen.
3. Die Wirkung der Randentladungen wird erklärt.
4. Es werden Angaben über die Abschirmung statischer Instrumente gemacht und anschliessend ist eine Ausführungsform beschrieben, und
5. wird schliesslich eine weitere Ausführungsform statischer Instrumente beschrieben.

Entgegnung zum Artikel: Eine neue Schaltung zur Umformung von Zweiphasen- in Dreiphasen-Wechselstrom und umgekehrt.

Von Ing. H. Lorenz, Weiz.

Zu diesem im Bulletin No. 2, 1920 erschienenen Aufsatz sei zunächst bemerkt, dass der Unterzeichnete bereits vor längerer Zeit genau dieselbe Idee für die Schaltung zur Umformung von Zweiphasen- in Dreiphasen-Wechselstrom hatte, die Idee jedoch wieder fallen liess, weil bei dieser Schaltung in den zusätzlichen Wicklungen $U'U$ und $V'V$ um 90° gegeneinander verschobene Ströme fliessen, die eine Verzerrung des Spannungsdreieckes bewirken. Diese Verzerrung ist entschieden ein erheblicher Nachteil des neuen Zweiphasen-Dreiphasen-Wechselstromtransformators der A.-G. Brown-Boveri & Cie. gegenüber dem der Gesellschaft für elektrische Industrie, Weiz. Auf einen genauen Vergleich beider Schaltungen unter verschiedenen Belastungsverhältnissen kann jedoch hier nicht näher eingegangen werden.

Herr Dr. Sachs berechnet, dass für eine gegebene Leistung, die von Zweiphasen- in Dreiphasenwechselstrom umgeformt werden soll, ein normales Drehstrom-Transformator-Modell mit 7% höherer Leistung sowohl für verketteten als auch unverketteten Zweiphasenstrom zu verwenden ist. Dass diese Rechnung nicht stimmen kann, ist leicht einzusehen, wenn man nur die beiden Figuren 1 und 4 des genannten Aufsatzes betrachtet. Setzt man sowohl bei verketteten als auch bei unverketteten Zweiphasenstrom voraus, dass die gleiche Leistung umgeformt werden soll, so fliesst im ersten Falle in den Wicklungen