

Zeitschrift: Technische Beilage zur Schweizerischen Post-, Zoll- & Telegraphen-Zeitung = Supplément technique du Journal suisse des postes, télégraphes et douanes

Band: 2 (1919)

Heft: 5

Artikel: Der Kondensator [Fortsetzung]

Autor: Nussbaum, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-872982>

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: 15.01.2026

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

Technische Beilage

zur

Schweiz. Post-, Zoll- & Telegraphen-Zeitung

Supplément technique du Journal suisse des Postes, Télégraphes et Douanes

Erscheint alle 2 Monate. — Jahresabonnement Fr. 3.— (durch die Post Fr. 3.20). — Red. Beiträge u. Korr. sind zu adressieren an Herrn E. NUSSBAUM, Schützenweg 17, Bern.

Paraissant tous les 2 mois. — Abonnement Fr. 3.— par an (par la poste Fr. 3.20). — Pour la RÉDACTION s'adresser à Mr. E. NUSSBAUM, Schützenweg 17, Berne.

Nummer 5.

Burgdorf, 1. Oktober 1919.

II. Jahrgang.

Inhalt - Sommaire: — Populäre Elektrizitätslehre: Der Kondensator. — Verschiedenes: Vielfachtelephonie und -telegraphie mit schnellen Wechselströmen. — Privatakkord oder Staatsregie? — Der Erfinder des Porzellans. — Zeitschriftenschau. — Chronik.

Der Segen der Arbeit. — Bloß die Arbeit, die ernste, zielbewußte, gewährt uns innere Befriedigung, welche aus dem Gefühl treuer Pflichterfüllung entspringt und in uns das Bewußtsein unseres sittlichen Wertes rege macht, das im Gemüte zur Selbstachtung wird. Das eben ist der Segen, welcher in der Arbeit liegt und der sich mit Schätzen der Welt nicht erkaufen läßt. Denn dies Bewußtsein gibt uns Lust zum Schaffen und schenkt uns Mut und Selbstvertrauen; aus ihm schöpfen wir immer wieder neue Kraft und Elastizität, um nicht zu erlahmen in dem Kampfe mit den Mühsalen und den Widerwärtigkeiten des Lebens, während Untätigkeit und Genuß abstumpfen und verweidlichen oder auf Abwege führen. — In der Sucht nach mühelosem Gewinn liegt ein Fluch. Das Bewußtsein treuer Pflichterfüllung gewährt uns aber auch die volle und reine Empfindung und den unverdorbenen Genuß der Freuden, welche das Leben bringt. Das ist ein besonderer Segen, welcher ebenso auf der Handarbeit des Tagelöhners, wie auf der Geistesarbeit des Gelehrten und nicht minder auf dem stillen Walten der Hausfrau ruht.

Prof. Helmholz.

Populäre Elektrizitätslehre

Der Kondensator.

Von E. Nußbaum, Bern.

(Fortsetzung.)

Kapazität, Spannung und Ladung des Kondensators.

Wie wir bei unserem Modell die Eigenschaft, unter einem bestimmten äußern Druck die Verschiebung einer größeren oder kleineren Wassermenge zuzulassen und der Verschiebung mit einer innern Gegenspannung entgegen zu wirken, — so wie wir diese Eigenschaft als die Kapazität des Modells bezeichneten, — ebenso verstehen wir unter der elektrischen Kapazität eines Kondensators die Eigenschaft desselben, unter dem Druck einer äußern EMK die Verschiebung einer gewissen Elektrizitätsmenge zu gestatten und dieser Verschiebung eine innere Gegenspannung entgegen zu setzen.

Diese Kapazität kann, wie schon früher bemerkt wurde, je nach der Beschaffenheit des Kondensators größer oder kleiner sein. In der Elektrotechnik ist es nun sehr wichtig, auch die Kapazität messen zu können; Messen aber heißt, irgend eine Größe mit einer andern vergleichen, welche als Einheit gilt. Einen Weg messen, heißt zum Beispiel eine Länge mit derjenigen eines Meters oder Kilometers vergleichen usw.

Um also eine Kapazität messen zu können, muß eine Einheit bestehen, mit welcher die zu messende Kapazität verglichen, gemessen werden kann.

Die *Einheit der Kapazität* ist definiert als diejenige Kapazität, bei welcher einem Kondensator durch die Einheit der Spannung (1 Volt) die Einheit der Elektrizitätsmenge (1 Coulomb = 1 Ampère/sec.) aufgedrückt werden kann;

oder auch als diejenige Kapazität, bei welcher ein Kondensator die Einheit der Spannung besitzt, wenn er mit der Einheit der Elektrizitätsmenge geladen ist. Die Einheit der Kapazität wird zu Ehren des berühmten englischen Physikers Faraday *Farad* genannt.

Das Farad ist aber für die praktischen Bedürfnisse eine zu große Einheit. Denn in der Elektrotechnik hat man es mit bedeutend kleineren Kapazitäten zu tun, für welche sich als praktische Einheit das Mikrofarad, d. i. $\frac{1}{1\,000\,000} = \frac{1}{10^6} = 10^{-6}$ Farad, am besten eignet. Einem Kondensator von der Kapazität 1 micro-F ($1 \mu F$) kann durch die Spannung 1 Volt die Elektrizitätsmenge 1 Mikrocoulomb (1 micro-C) aufgedrückt werden.

Zwischen der Kapazität C , der Spannung V und der Elektrizitätsmenge Q , der Ladung, bestehen folgende Beziehungen:

Besitzt ein Kondensator die Kapazität *eins*, so wird ihm nach obiger Definition durch die Spannung *eins* die Elektrizitätsmenge *eins* aufgedrückt. Beträgt die Spannung *zwei* Einheiten, z. B. zwei Volt, so ist die Elektrizitätsmenge 2 mal so groß, wie bei 1 Volt. Sie ist also proportional der Zahl der Spannungseinheiten oder kurz gesagt, proportional der Spannung, welche an den Klemmen des Kondensators herrscht.

Besitzt der Kondensator die Kapazität *zwei*, so kann ihm durch die Spannung *eins* die Elektrizitätsmenge *zwei* aufgedrückt werden, durch die Spannung *zwei* aber doppelt so viel, also die Elektrizitätsmenge *vier*. Diese ist demnach auch proportional der Zahl der Kapazitätseinheiten. Algebraisch stellt man diese Beziehungen durch die Formel dar

$$1) \quad Q = V \times C$$

welche besagt, daß die einem Kondensator aufgedrückte Elektrizitätsmenge Q proportional ist der Spannung V und der Kapazität C .

Aus 1) folgt weiter

$$2) \quad V = \frac{Q}{C}$$

d. h. die Spannung eines geladenen Kondensators ist proportional der Elektrizitätsmenge und umgekehrt proportional der Kapazität. Besitzen zwei Kondensatoren von *gleicher Kapazität* die Elektrizitätsmengen Q_1 und Q_2 , so verhalten sich die Spannungen wie diese Mengen, also

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

Besitzen zwei Kondensatoren von verschiedener Kapazität C_1 und C_2 die nämliche Elektrizitätsmenge Q , so verhalten sich ihre Spannungen umgekehrt wie die Kapazitäten

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_2}{C_1}$$

Aus 1) kann weiter abgeleitet werden:

$$3) \quad C = \frac{Q}{V}$$

d. h. die Kapazität eines Kondensators ist gleich dem Verhältnis der Elektrizitätsmenge zur Spannung. Je größer die Elektrizitätsmenge ist, die einem Kondensator unter einer gewissen Spannung aufgepreßt werden kann, desto größer muß seine Kapazität sein. Umgekehrt je größer die Spannung sein muß, um einem Kondensator eine bestimmte Elektrizitätsmenge aufzudrücken, desto kleiner ist seine Kapazität.

Es muß ausdrücklich hervorgehoben werden, daß unter Kapazität nicht etwa die maximale Ladung verstanden wird, die ein Kondensator aufnehmen kann. Die maximale elektrische Ladung hängt von der maximalen Spannung ab, der das Dielektrikum noch zu widerstehen vermag. Es ist mit dem Kondensator ähnlich, wie mit einem Gummibeutel. Sein Fassungsvermögen ist unbestimmt und hat ein Ende, wenn der Beutel platzt.

Werden mehrere Kondensatoren *parallel* geschaltet (Fig. 3), so ist die Gesamtkapazität gleich der Summe der Einzelkapazitäten, also

$$C_x = C_1 + C_2 + C_3 \dots + C_n$$

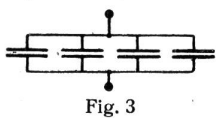


Fig. 3

Bei Parallelschaltung von n gleichen Kondensatoren ergibt sich als Gesamtkapazität:

$$C_x = nC.$$

Bei der *Hintereinanderschaltung* mehrerer Kondensatoren ist die Gesamtkapazität zwischen den äußeren freien Polen der Kondensatorbatterie jedenfalls kleiner, als die kleinste Einzelkapazität. Denn diese Schaltung bedeutet nichts anderes, als eine Vergrößerung des Abstandes der beiden

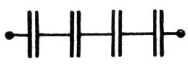


Fig. 4

äußeren Belegungen, mithin eine Vergrößerung der trennenden Schicht des Dielektrikums. Wir wollen den Wert der reduzierten Kapazität rechnerisch ermitteln.

Es seien 4 Kondensatoren C_1, C_2, C_3 und C_4 in Reihe geschaltet (Fig. 4). Wird an die äußeren freien Pole eine gewisse EMK = V gelegt, so wird der Kondensatorbatterie eine Elektrizitätsmenge Q aufgepreßt, welche proportional ist der Spannung V und der unbekanntenen Kapazität C_x also

$$Q = V \times C_x \quad 1)$$

V ist aber auch die Summe der Einzelspannungen der hintereinander geschalteten Kondensatoren, von denen jeder die Elektrizitätsmenge Q besitzt¹⁾. Wir erhalten demnach

$$V = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} + \frac{Q}{C_4} \quad \text{oder}$$

$$V = Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} \right) \quad 2)$$

¹⁾ Durch jeden Querschnitt der ganzen Anordnung ist mit dem Ladestrom die gleiche Elektrizitätsmenge geflossen.

$$\text{Aus 1) folgt } V = Q \times \frac{1}{C_x} \quad 3)$$

Setzt man die durch Q dividierten Ausdrücke nach dem Gleichheitszeichen in 2) und 3) einander gleich, so erhält man

$$\frac{1}{C_x} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$$

und hieraus durch Umkehrung

$$C_x = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}} \quad 4)$$

In diesem Ausdruck erkennen wir die Formel für parallel geschaltete Widerstände wieder. So wie der Wert $\frac{1}{R}$ ein Ausdruck ist für das Leitvermögen, so kann der umgekehrte Wert der Kapazität $\frac{1}{C}$ als Ausdruck für die *spezifische Gegenspannung* des Kondensators gelten. Die spezifische Gegenspannung ist mithin definiert als die Spannung, welche ein Kondensator von der Kapazität C besitzt, wenn er mit der Elektrizitätsmenge 1 geladen ist.

Werden n gleiche Kondensatoren von der Kapazität C hintereinander geschaltet, so geht die Formel 4) über in

$$C_x = \frac{1}{\frac{n}{C}} = \frac{C}{n}$$

d. h. die Gesamtkapazität ist gleich dem n -ten Teil der Kapazität eines Kondensators.

Berechnungsbeispiele.

1. Welche Elektrizitätsmenge kann einem Kondensator von $4 \mu F$ durch eine Spannung von 100 Volt aufgedrückt werden?

Antwort. $Q = V \times C = \frac{100 \times 4}{10^6} = 0,0004$ Coulomb oder 400 Mikroculomb.

2. Wie groß ist seine Spannung noch, wenn er mit einem Kondensator von 2 Mikrofara parallel geschaltet wird?

Antwort. Die Kapazität wird auf 6 Mikrofara erhöht. Die Spannung beträgt dann noch

$$V = \frac{400}{6} = 66 \frac{2}{3} \text{ Volt}$$

3. Der Kondensator von $4 \mu F$ und derjenige von $2 \mu F$ werden einzeln auf 60 Volt geladen und dann so hintereinander geschaltet, daß vorerst nur der positive Pol des einen mit dem negativen Pol des andern verbunden wird (Fig. 5). Wird dadurch die Ladung des einzelnen Kondensators verändert?

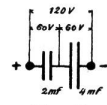


Fig. 5

Antwort. Diese Frage läßt sich nicht ohne weiteres bestimmt beantworten. Je nachdem die Kondensatoren beschaffen sind. Hat die Kapazität ihren Sitz zum größten Teil in einem sehr dünnen Dielektrikum von großer Fläche zwischen den zwei Metallbelegungen (Blätterkondensatoren) und fällt das äußere Feld nicht in Betracht, dann hat die Verbindung der zwei Kondensatoren in der angegebenen Weise keine Veränderung der Ladung zur Folge, wohl aber besteht nun zwischen den äußeren freien Polen eine Spannung von 120 Volt.

4. Was geschieht, wenn diese Pole miteinander verbunden werden?

Antwort. Es findet eine Entladung statt, sodaß die Spannung zwischen diesen Polen *null* wird. Durch beide Kondensatoren ist mit dem Entladeimpuls die gleiche Elektrizitätsmenge geflossen. Im Moment aber, wo der $2 \mu F$ -Kondensator bereits seine ganze Ladung von 120 Mikro-

coulomb verloren hatte, besaß der $4 \mu\text{F}$ -Kondensator noch die Hälfte der ursprünglichen Ladung und mithin auch noch die halbe ursprüngliche Spannung, also 120 Mikrocoulomb bei 30 Volt. Er ist in diesem Moment also mit einem ungeladenen $2 \mu\text{F}$ -Kondensator in Reihe geschaltet und gibt daher von seiner jetzigen Ladung noch soviel an den $2 \mu\text{F}$ -Kondensator ab, bis dessen Gegenspannung der seinen das Gleichgewicht hält, d. h. bis die Ladungen sich verhalten wie die Kapazitäten, nämlich wie 2:1. Der $4 \mu\text{F}$ -Kondensator gibt also von der Hälfte seiner ursprünglichen Ladung noch $\frac{1}{3}$ oder 40 Mikrocoulomb an den $2 \mu\text{F}$ -Kondensator ab und besitzt dann mit den verbleibenden 80 Mikrocoulomb eine Spannung von 20 Volt.

5. 4 Kondensatoren von 1, 2, 3 und $4 \mu\text{F}$ werden hintereinandergeschaltet und an eine Gleichstromspannung von 100 Volt gelegt. Es sind zu berechnen:

- a. Die Gesamtkapazität C,
- b. die Ladung Q,
- c. die Klemmenspannung jedes einzelnen Kondensators.

Antwort.

$$a. C = \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}} = \frac{1}{\frac{12}{12} + \frac{6}{12} + \frac{4}{12} + \frac{3}{12}} = \frac{1}{\frac{25}{12}} = 0,48 \text{ Mikrofarad,}$$

b. $Q = 100 \times 0,48 = 48 \text{ Mikrocoulomb,}$

c. die Klemmenspannungen sind, entsprechend der Formel $V = \frac{Q}{C}$, 48, bzw. 24, 16 und 12 Volt, da jeder Kondensator die Ladung 48 Mikrocoulomb enthält. Die Summe dieser Spannungen ist 100 Volt.

6. Obige 4 Kondensatoren werden einzeln auf 100 Volt geladen und alsdann so in Serie geschaltet, daß sich die Spannungen addieren und an den äußern freien Polen eine Spannung von 400 Volt besteht.

Was geschieht, wenn diese Pole miteinander verbunden werden?

Antwort. Es findet eine Entladung statt; die Spannung von 400 Volt verschwindet. Aber die einzelnen Kondensatoren sind nicht entladen, sondern sie besitzen noch Restladungen und Restspannungen, welche sich das Gleichgewicht halten. Die zur Entladung gelangte Elektrizitätsmenge ist gleich derjenigen, welche den 4 hintereinander geschalteten Kondensatoren durch eine Spannung von 400 Volt aufgedrückt würde, also $0,48 \times 400 = 192 \text{ Mikrocoulomb}$. Die Restspannung ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

Kapazität	C =	1	2	3	4	μF
Ladung bei 100 V	=	100	200	300	400	μC
Entladung	q =	-192	-192	-192	-192	μC
Restladung	$Q_R =$	-92	+8	+108	+208	μC
Restspannung	$V_R =$	-92	+4	+36	+52	Volt

Die algebraische Summe der Restspannungen ist 0. Der Kondensator von 1 Mikrofarad besitzt nun eine Ladung mit entgegengesetzter Spannung, welche den gleichgerichteten Restspannungen der übrigen Kondensatoren das Gleichgewicht hält.

Diese Berechnungen sind natürlich nur richtig unter der Annahme, daß beim Uebergang der Ladungen von einem Kondensator auf den andern kein Energieverlust durch Joule'sche Wärme entsteht.

Von den Kugel-Kondensatoren zum Wickel-Kondensator.

Zur Veranschaulichung der Eigenschaften des Kondensators bedienen wir uns der zwei Kugel-Kondensatoren einer Elektrisiermaschine, obschon es nicht üblich ist, ein solches System als Kondensator zu bezeichnen. Es geschah dies vor allem, um darzutun, daß man es bei statischen

Ladungen ohne Rücksicht auf die Form der Leiter im Grunde immer mit einem Kondensator in irgend einer Form zu tun hat, oder umgekehrt, daß jeder Kondensator irgendwelcher Art auf die Grundform unserer zwei Kondensatoren zurückgeführt werden kann. Im weitem ließ unser Modell, das in Bezug auf das Verhältnis des Volumens zur Kapazität einen ziemlich unvollkommenen Kondensator darstellt, leicht erkennen, worauf es ankommt, wenn ein Kondensator im Verhältnis zu seinen räumlichen Abmessungen eine möglichst große Kapazität besitzen soll. Nicht zuletzt ließen wir uns aber auch von dem Bestreben leiten, auch bei dieser Gelegenheit die einheitliche Natur der Elektrizität zu betonen und die Kluft zu überbrücken, welche nach den veralteten Anschauungen immer noch die statische Elektrizität von der galvanischen oder strömenden trennt.

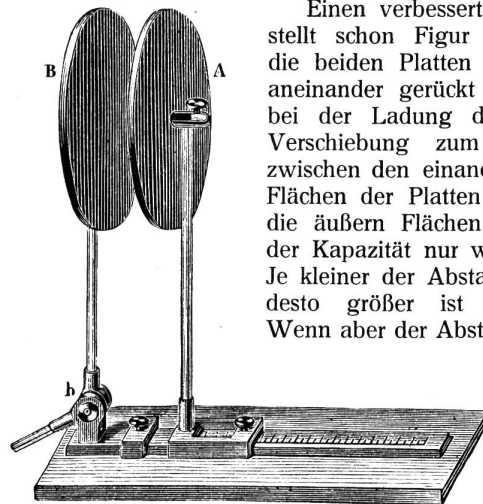


Fig. 6.

Einen verbesserten Kondensator stellt schon Figur 6 dar. Wenn die beiden Platten möglichst nahe aneinander gerückt sind, so findet bei der Ladung die dielektrische Verschiebung zum größten Teil zwischen den einander zugekehrten Flächen der Platten statt, während die äußern Flächen zur Erhöhung der Kapazität nur wenig beitragen. Je kleiner der Abstand der Platten, desto größer ist die Kapazität. Wenn aber der Abstand der Platten so klein ist, daß das Dielektrikum zwischen denselben der Spannung gerade noch zu widerstehen

vermag, ohne daß ein Funke überspringt, so besitzt der Kondensator für diese Spannung das Maximum der Kapazität. Dieselbe ist nun bei der in Fig. 6 dargestellten Ausführung des Kondensators für die praktischen Bedürfnisse der Fernsprechtechnik viel zu klein, auch wenn die Platten noch so nahe aneinandergerückt und innerhalb der zulässigen Grenzen durch ein noch so dünnes Isoliermittel von einander isoliert werden.

Bei einem Durchmesser $2r$ von 20 cm und dem äußerst geringen Abstand e von 0,002 cm zwischen den Platten mit Zwischenlage aus paraffiniertem Papier (Dielektrizitätskonstante $k = 2$) besitzt dieser Kondensator nach der

Formel $C = \frac{k \cdot S}{4 \pi \cdot e \cdot 9 \cdot 10^5}$ (worin $S = r^2 \pi$) eine

Kapazität von nur $\frac{2 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \pi}{4 \pi \cdot 0,002 \cdot 9 \cdot 10^5} = 0,0278 \text{ Mikrofarad.}$

Um eine Kapazität von 1 Mikrofarad zu besitzen, müßten die Platten unter sonst gleichen Verhältnissen einen Durchmesser von 120 cm oder eine Fläche von ca. 1 m^2 haben. Bei bloßer Luftisolation und einem Plattenabstand von 0,1 cm hätte dieser Kondensator eine Kapazität von 1/100 Mikrofarad.

Kondensatoren von solcher Form und solchen Dimensionen sind für die Praxis viel zu unhandlich und zu teuer und ergeben eine höchst unvollkommene Ausnützung des Materials.

Um eine Kapazität von 2 Mikrofarad zu erzielen, müßte man z. B. 72 Plattenpaare von der im obigen Berechnungsbeispiel beschriebenen Größe parallel schalten, da $72 \times 0,0278 = 2$ gibt. Stellt man sich eine solche Batterie von Kondensatoren vor und vergleicht dieselbe mit dem in der Fernsprechtechnik allgemein gebräuchlichen 2

Mikrofarad-Kondensator von nur $36 \times 36 \times 63 \text{ mm} = \text{ca. } 80 \text{ cm}^3$ Volumen¹⁾, so fragt man sich unwillkürlich, wie es denn möglich sei, eine solche Kapazität auf ein so geringes Volumen zusammenzudrängen. Wir wollen dieser Frage nachgehen und versuchen, dem idealen Entwicklungsgang des technischen Kondensators Schritt für Schritt zu folgen.

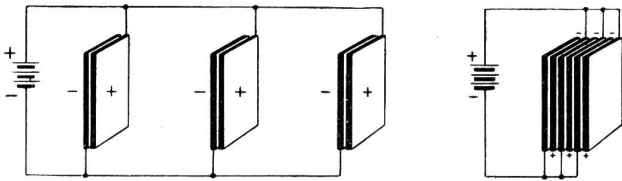


Fig. 7.

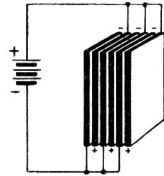


Fig. 8.

Von den 72 Plattenpaaren seien in der Figur 7 nur 3 abgebildet. (Daß die Platten nicht mehr kreisrund, sondern viereckig sind, hat hier nichts zu bedeuten). Man sieht nun ohne weiteres, daß diese Plattenpaare sich auch so zusammenstellen lassen, daß der Abstand zwischen je zwei Paaren gleich groß ist, wie derjenige zwischen den Platten eines Paares. Dadurch gewinnt man an Kapazität soviel, wie wenn die Zahl der Plattenpaare um 2 vermehrt worden wäre. Alle vorhandenen Flächen bis auf die zwei äußersten sind nun zur Erzielung von Kapazität ausgenützt. Da zu jedem Kondensator-Element zwei einander zugekehrte parallele Flächen gehören und da jede Platte zwei Flächen besitzt, da ferner nur die 2 äußersten Flächen nicht ausgenützt werden können, so erzielt man mit $n+1$ nach Fig. 8 angeordneten Platten die gleiche Kapazität, wie mit n Plattenpaaren in der getrennten Anordnung nach Fig. 7. Auf diesem Prinzip der vollkommenen Flächenausnützung beruht der sogenannte Blätterkondensator.

Bis jetzt war stets nur von Platten die Rede und in unseren Figuren wurden die Elektroden oder Belegungen auch immer als solche dargestellt. Nun ist aber für die Kapazität eines Kondensators bei gegebenem Isoliermittel einzig und allein die Größe der einander gegenüberliegenden Metallflächen maßgebend. Die Dicke der Platten hat dagegen auf die Kapazität keinen Einfluß und die Verwendung von Platten bedeutet nur einen unnötigen Material- und Raumverlust. Man benützt daher zur Herstellung von technischen Kondensatoren nicht Metallplatten, sondern

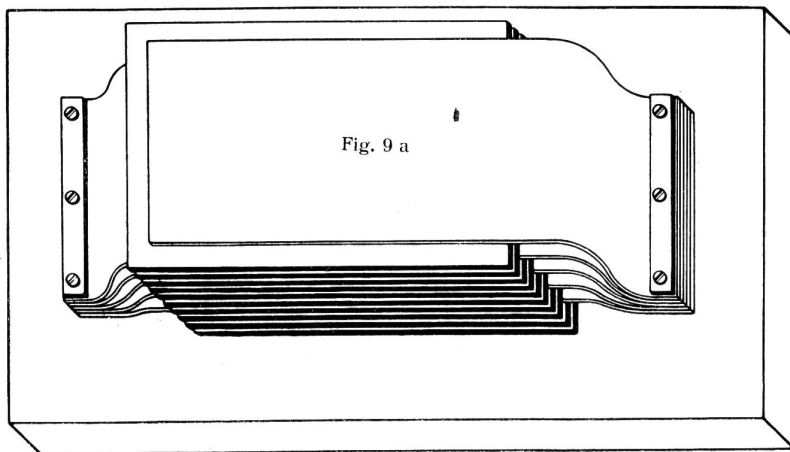


Fig. 9 a

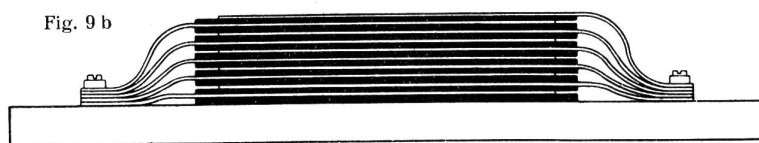


Fig. 9 b

dünne Metallblätter, hauptsächlich Zinnfolie, Staniol, von weniger als $1/100 \text{ mm}$ Dicke, was natürlich auch eine ganz besondere Bauart bedingt.

Bei der früheren Bauart wurde eine gewisse Anzahl auf ein bestimmtes Format zugeschnittener Staniolblätter mit Zwischenlagen aus paraffiniertem Papier in der in Fig. 9 a veranschaulichten und in Fig. 9 b schematisch dargestellten Weise aufeinander geschichtet. Alle Blätter gerader Nummern ragten auf der einen Seite aus der Papierschicht heraus und die Blätter ungerader Nummern auf der entgegengesetzten Seite. Hier wurden sie auf geeignete Weise miteinander und mit einer äußern Anschlussklemme leitend verbunden.

Wie die Figur 9 b zeigt, geht der aus der Schicht herausragende Teil der Blätter, der nicht zwischen zwei Blättern der andern Elektrode liegt, für die Kapazität verloren.

Kondensatoren dieser Bauart, sogenannte Blätterkondensatoren, sind in Fig. 10 abgebildet. Jeder derselben

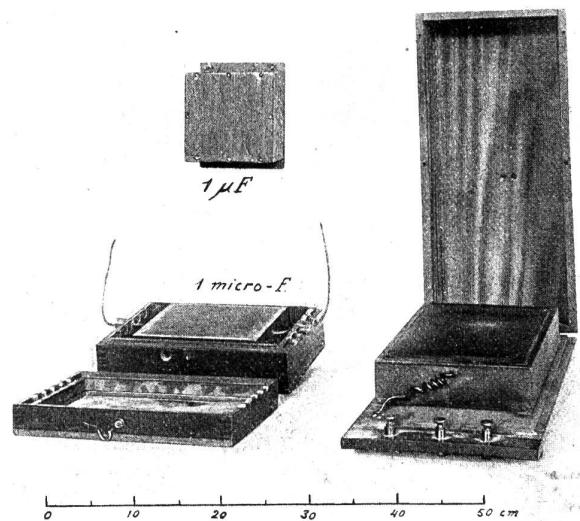


Fig. 10.

besitzt eine Kapazität von 1 Mikrofarad. Ihre Dimensionen sind noch recht beträchtlich. Immerhin stellt diese Form im Vergleich mit den 36 Plattenkondensatoren schon einen bemerkenswerten technischen Fortschritt dar. Die Blätterschicht ist in einem massiven Gußrahmen in Paraffin eingegossen und der Rahmen selber in einem hölzernen Schußkasten untergebracht. Diese Kondensatoren stammen aus Belgien und wurden s. Z. bei der Simultantelegraphie nach System Rysselberghe verwendet.

Die Technik blieb aber nicht bei dieser Form stehen. Es galt noch, den angedeuteten Materialverlust zu vermeiden und den größtmöglichen Teil der Metallfläche auszunützen. Dann war man auch bestrebt, die Dicke des Staniols und des Isoliermittels, des paraffinierten Papiers, aufs äußerste zu reduzieren.

Die vollständigste Ausnützung der Metallfläche wurde dadurch erreicht, daß die beiden Belegungen jetzt nicht mehr aus einer großen Zahl einzelner aufeinander geschichteter Staniolblätter hergestellt werden, sondern aus je einem bis gegen 20 m langen und nur einige cm breiten Staniolband bestehen. Jedes derselben wird zwischen zwei etwas breitere Bänder aus dünnstem paraffiniertem Papier gelegt; dann werden die so beidseitig isolierten Belegungen aufeinander gelegt, zusammengerollt oder gefaltet und in passende Form gepreßt. (Fig. 11.)

Wie die schematische Fig. 12 zeigt, befindet sich jedes Band eines solchen Wickels auf seiner ganzen Länge

¹⁾ Siehe auch Fig. 14.

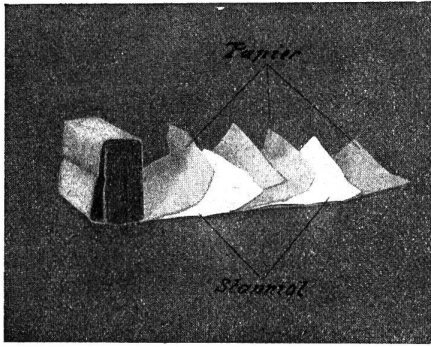


Fig. 11.

zwischen je 2 Lagen des andern Bandes und je 2 benachbarte Staniollagen sind durch zwei Papierbänder von einander isoliert.



Fig. 12.

In der Figur 13 ist die ideale Entwicklung des Kondensators von den Kugelkonduktoren zum Wickel-Kondensator veranschaulicht.

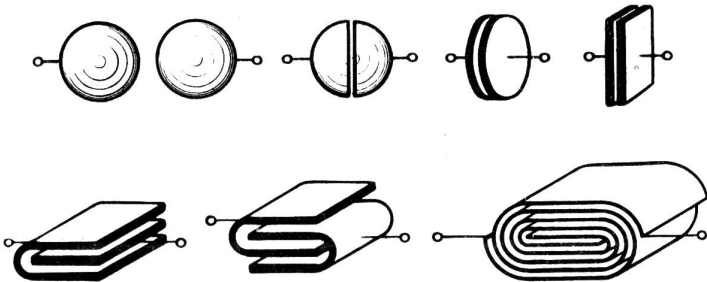


Fig. 13.

Wir sind hier bei den in unserer Verwaltung und in der Fernmeldetechnik allgemein gebräuchlichen technischen Kondensatoren angelangt und lassen über dieselben nun noch einige nähere Angaben folgen, die wir mit einigen Kürzungen dem vorzüglichen Werke „Die Fernsprechtechnik der Gegenwart“ von C. Hersen und R. Hartz entnehmen.

Die Kondensatoren der Fernsprechtechnik.

„Die Kondensatoren sind erst seit Einführung des Z. B.-Betriebes allgemein verwendet worden. Sie bilden ein unentbehrliches Zubehörstück für jeden Sprechstellenapparat. Daraus haben sich für ihre konstruktive Ausgestaltung zwei Hauptgesichtspunkte ergeben; sie müssen auf eine möglichst kleine Form gebracht werden, weil in den Gehäusen nur wenig Platz vorhanden ist, und dürfen wegen des großen Bedarfs nicht teuer sein. Beiden Bedingungen würden die im Telegraphenbetriebe schon früher verwendeten, mehr wie Präzisionsapparate gearbeiteten Kondensatoren mit Glimmer- oder Papierisolierung nicht entsprechen haben, weil sie zu viel Raum einnehmen und nicht billig sind. Man ist daher bei den Fernsprechkondensatoren unter Beibehaltung der bereits bekannten Zusammen-
setzung — Staniolbelegungen mit paraffiniertem Papier als Trennschicht — zu einer einfacheren Herstellungsart übergegangen, indem man gleichzeitig durch die Verwendung von sehr dünnen Materialien, die man außerdem noch zusammenpreßt, nach Möglichkeit Platz gespart hat. Kondensatoren dieser Bauart kann man so klein machen, daß sie bei 2 Mikrofara Kapazität noch nicht 100 cm³ Raum beanspruchen, womit den Bedürfnissen der Praxis genügt ist. Für die Dicke des Staniols gilt als geringstes Maß etwa 0,007 mm; weiter herunterzugehen, ist nicht

ratsam, weil die Anfertigung noch dünnerer zusammenhängender langer Staniolblätter Schwierigkeiten bereitet; auch würden diese Bänder bei der Herstellung der Kondensatoren leichter zerreißen. Ebenso ist man mit der Stärke des Papiers an gewisse Grenzen gebunden. Wählt man es zu dünn, so wird dadurch der Uebergangswiderstand von einer Belegung zur anderen und auch die Durchschlagsspannung vermindert. Meistens gilt die Regel, daß der Kondensator 300 bis 500 Volt Gleichstromspannung ohne Schaden aushalten muß; man geht dabei von der Annahme aus, daß höhere Spannungen bereits durch die in die Leitungen sonst eingeschalteten Sicherungen zur Erde abgeleitet werden und deshalb nicht mehr zum Kondensator gelangen. Falls man mit dem Platz nicht zu sehr zu sparen braucht, ist es vorteilhafter, das Papier etwas stärker zu wählen, als zum Aushalten dieser Durchschlagsspannung erforderlich ist. Man muß allerdings, um bei dem stärkeren Dielektrikum dieselbe Kapazität zu erzielen, die Gesamtoberfläche der Belegungen entsprechend größer halten. Wenn hierdurch auch der Kondensator teurer wird, so pflegt sich dies zum großen Teil dadurch wieder auszugleichen, daß bei der Durchschlagsprüfung ein geringerer Prozentsatz an Fabrikationsausschuss gefunden wird.

Für die Herstellung der Kondensatoren kommen hauptsächlich zwei Verfahren in Frage. Bei dem ersten werden die beiden Staniolbelegungen und die vorher paraffinierten Trennschichten aus Papier in einer Wickelmaschine zunächst auf einen runden Metallhorn gewickelt. Das Kondensatorband setzt sich aus sechs Schichten zusammen, deren Aueinanderfolge aus Fig. zu ersehen ist. Hierauf wird nach Entfernung des Horns der Wickel in eine quadratische Form — je nach dem Querschnitt des Behälters für den fertigen Kondensator — zusammengedrückt; die Oeffnung im Wickel ist so gross gewählt, dass sich beim Pressen des zylindrischen Wickels in die rechteckige Form die Oeffnung ausfüllt. Bei dem zweiten Verfahren werden die beiden Belegungen in Bändern von passender Länge hergestellt und dann so zusammengefaltet, dass sie nach dem Zusammendrücken ungefähr die Form des Behälters annehmen, in den sie nachher eingesetzt werden sollen. Um die Belegungen nach aussen verbinden zu können, werden Elektroden aus dünnem, flachem Messingblech gleich mit eingewickelt oder eingefaltet. Der Kondensator in dieser rohen Form wird in ein Vakuum gebracht, wodurch etwaige Feuchtigkeitsreste entfernt werden,

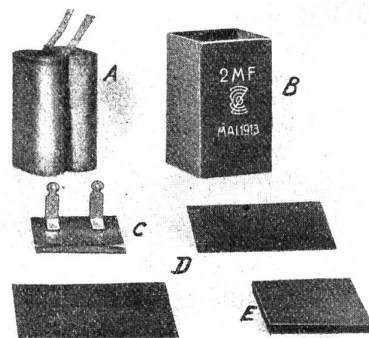


Fig. 14.

A = Zwillings-Wickel; B = Blechgehäuse; C = Lötösen; D = Isolier-Carton; E = Deckel.

die sonst seinen Isolationswiderstand beeinträchtigen könnten. Um auch späterem Eindringen von Feuchtigkeit vorzubeugen, wird der Kondensator nach der Vakuumbehandlung in ein Paraffinbad getaucht und auf diese Weise an

der Aussenseite mit einem luftdichten, isolierenden Paraffinüberzuge versehen; in das Innere dringt hierbei das Paraffin nicht ein, weil die einzelnen Schichten der Belegung zu dicht aneinander liegen. Zum Schutze gegen mechanische Beschädigungen wird der Kondensator in einen besondern Behälter aus Pappe oder Blech eingeschlossen, den man mit einer aus Wachs und Harzen bestehenden Vergussmasse ausgiesst. Der Behälter selbst trägt zwei voneinander isolierte Klemmen oder Lötösen (Fig. 14), die mit den obgenannten Messingelektroden in Verbindung stehen und zum Anschliessen der Zuführungsleitungen dienen. Die Pappbehälter haben den Vorzug, dass man die Lötösen an ihnen unmittelbar ohne eine besondere isolierende Vorrichtung befestigen kann, während bei den Blechkästen eine solche erforderlich ist. Diese erweisen sich dagegen widerstandsfähiger gegen mechanische Angriffe.

Die Kondensatoren der R. T. V. werden in zwei Formen, einer höheren und in einer niedrigeren hergestellt. Sie sind entweder in Pappbehälter oder in Blechkästen eingeschlossen. Während bei den Pappbehältern besondere Winkel zum Befestigen der Kondensatoren erforderlich sind, kommt man bei den Blechkästen ohne solche aus. An einigen derselben ist die Rückwand des Kondensators oben und unten mit je zwei Befestigungslappen versehen, die mit der Unterlage, auf welcher der Kondensator angebracht werden soll, durch Schrauben verbunden werden.

Die Kondensatoren der R. T. V. müssen folgenden Anforderungen genügen:

Die Entladungskapazität, nach ballistischer Methode gemessen, darf bei einer Spannung von 10 Volt nicht unter 2 Mikrofarad, der Isolationswiderstand einer Belegung gegen die andere bei einer Spannung von 100 Volt und einer Temperatur bis zu 20° C nicht unter 75 Megohm betragen. Der scheinbare Widerstand ¹⁾ gegen sinusförmigen Wechselstrom von 15 Perioden in der Sekunde soll nicht höher sein, als bei Ersatz des Kondensators durch einen induktionsfreien Widerstand von 5500 Ohm. Die Kondensatoren müssen eine Gleichstromspannung von 350 Volt aushalten. Die Ausgussmasse muss hart aber nicht spröde sein, sie darf bei Temperaturen unter 45° C nicht weich werden. Die Zuführungen zu den Belegungen müssen so dauerhaft befestigt sein, dass sie sich aus dem Behälter nicht herausziehen lassen; auch dürfen sie sich im Laufe der Zeit nicht lockern.

Bei der Abnahme werden die Kondensatoren meistens einer Kapazitätsprobe, einer Messung der Isolation und einer Spannungsbelastung unterworfen.

Wenn Blechkästen verwendet sind, wird noch geprüft, ob diese gut gegen die Belegungen isoliert sind. Die Temperatur spielt bei der Messung eine wichtige Rolle, für die Kapazität in geringerem Masse als für die Isolation, für die schon durch wenige Grade Wärmeunterschied stark beeinflusst wird.“

Schluß folgt.



Verschiedenes

Vielfachtelephonie und -telegraphie mit schnellen Wechselströmen.

(Telegraphen- und Fernsprechtechnik Nr. 1, 1919.)

Dem Problem der Vielfachtelephonie und -telegraphie mit schnellen Wechselströmen hat das Telegraphen-Versuchsamit seit einer Reihe von Jahren Aufmerksamkeit gewidmet. Während die in den frühern Jahren (seit 1912) mit Bogenlampen, Hochfrequenzmaschinen und zuletzt mit kleinen Kathodenröhren ausgeführten Laboratoriumsversuche

keine praktischen Erfolge zeitigten, sind in den letzten Monaten in der praktischen Anwendung des Verfahrens entscheidende Fortschritte erzielt worden. Es ist gelungen, auf oberirdischen Leitungen von mehreren hundert Kilometer Länge neben der gewöhnlichen Gesprächsverbindung gleichzeitig noch weitere Gesprächsverbindungen mit schnellen Wechselströmen herzustellen, deren Frequenz oberhalb der Hörgrenze liegt. Die Wechselstromapparate stehen auf dem Fernamt; die Verbindung des Teilnehmers mit dem Fernamt geschieht in der gewöhnlichen Weise. Ausser zum Fernsprechen kann dieselbe Leitung auch zum Telegraphieren benutzt werden, wobei Ueberlagerungsempfang verwendet wird.

Diese Erfolge waren nur dadurch möglich, dass die während des Krieges mit Röhrensendern, Röhrenverstärkern und Kettenleitern gesammelten Erfahrungen nutzbar gemacht und die Arbeitsbedingungen des neuen Verfahrens für sich allein und auch im Zusammenhang mit den gegebenen Leitungen und Einrichtungen des Fernsprechnetzes nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten eingehend untersucht wurden. Die Arbeiten werden sowohl nach der praktischen als auch nach der wissenschaftlichen Seite hin fortgesetzt.

Aus dem Umstande, dass die Dämpfung und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit für die Uebermittlung elektrischer Wellen rechnermässig von der Frequenz unabhängig werden, wenn man die Frequenz hoch genug wählt und die Leitungskonstanten als wirkliche, von der Frequenz unabhängige Konstanten ansieht, hat man geschlossen, dass sich Schnelltelegraphie und Fernsprecherei auch auf sehr langen Kabeln müsste ermöglichen lassen, wenn man die Zeichen aus Wechselströmen genügend hoher Frequenz aufbaut und wenn man die Sprechströme die Schwingungswerte des Hochfrequenzstroms beeinflussen lässt. Den Nachweis für die Unrichtigkeit dieser Erwartung hat K. W. Wagner erbracht. Der Irrtum liegt in der Hauptsache darin, dass die Amplitudenänderungen des Hochfrequenzstromes, auf die es ja hauptsächlich ankommt, mit der niedrigen Frequenz der Sprech- oder Telegraphierströme erfolgen und dass dafür die gewöhnlichen Formeln für die Dämpfung usw. gelten. Neuerdings will man die hochfrequenten sog. „Träger“-Wechselströme nicht mehr dazu benutzen, die Reichweite zu vergrössern, sondern man versucht, durch sie Vielfachtelegraphie und Fernsprecherei zu ermöglichen. Und damit scheinen in Amerika nach einer Mitteilung im vierten Januarheft des „Electrician“ tatsächlich ganz bemerkenswerte Erfolge erzielt worden zu sein. Man hat auf einer Leitung gleichzeitig 5 Gespräche einwandfrei abwickeln können. Ein Gespräch wird in gewöhnlicher Weise übertragen, die vier andern unter Benutzung von vier verschiedenen, dauernd durch die Leitung fließenden Träger-Wechselströmen, deren Frequenzen der drahtlosen Telegraphie liegen und deren Amplituden durch die Sprechströme beeinflusst werden. Am Empfangsende ist die Leitung mit 4 Kettenleiterfiltern (künstlichen aus Kondensatoren und Induktivitäten zusammengesetzten Leitungen) verbunden, die je nur einen ganz bestimmten Frequenzbereich durchlassen. Diese trennen die Träger-Wechselströme und führen sie den besonderen Empfangssystemen zu, wo sie so ausgefiltert werden, dass nur die von ihnen übertragenen Fernsprechschwingungen zum Empfänger gelangen. Um die unvermeidliche Dämpfung der Ströme wettzumachen, werden am sendenden und empfangenden Ende, ferner nach Bedarf auch an Unterwegsorten, Röhrenverstärker verwendet. Mit der Schaltung sollen seit Anfang Dezember 1918 im wirklichen Betriebe auf einer Leitung zwischen Baltimore und Pittsburgh gute Erfolge erzielt worden sein. Statt der Fernsprechströme kann man entweder allen oder auch nur einigen Träger-Wechselströmen Schnelltelegraphierzeichen überlagern. Die Ausbeute einer Leitung soll dadurch im Einfachbetrieb auf das Achtfache und im Gege sprächbetrieb auf das Zehnfache erhöht worden sein.

Krt.

¹⁾ Der scheinbare Widerstand des Kondensators wird weiter unten besonders behandelt. E. N.