

Ist die Halterschaltung notwendig?

Autor(en): **Sandmeier, Friedrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri**

Band (Jahr): **2 (1924)**

Heft 3

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-873941>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

und die mit viel Mühe, Material- und Zeitaufwand erstellte Leitung wird den ihr zugedachten Zweck deshalb nicht erfüllen. Dieser erhöhte Erdleitungswiderstand kann zur Folge haben, dass die Entladungen von hoher Wechselzahl sich andere Wege suchen müssen und für Personen und Sachen eine Gefahr bilden. Wie sehr dies zutrifft, geht aus den vorstehenden Figuren 1—3 hervor, welche ein instruktives Experiment bildlich darstellen.

Für Gleichstrom und technischen Wechselstrom von zirka 50 Perioden hätte der dicke Kupferdraht des Nebenschlusses einen minimalen Widerstand, und durch die Glühlampe von hohem Ohm'schen Wider-

stand würde nur ein ganz kleiner Teil des Stromes fließen. Ein Aufleuchten der Lampe käme deshalb bei gewöhnlichem Betriebsstrom nicht in Betracht. Bei rasch oszillierenden Strömen steigt jedoch der Wechselstrom-Widerstand der dicken aber winkligen Drahtleitung so hoch an, dass ihr scheinbarer Widerstand dem Widerstand des dünnen Glühfadens gleichkommt und ihn sogar übersteigt. Die Glühlampe wird deshalb zum Aufleuchten kommen.

Es sollte daher bei allen Erdleitungen für Ueberspannungs- und Blitzschutzapparate grösstes Gewicht auf eine möglichst direkte geradlinige Führung gelegt werden.

Ist die Halteschaltung notwendig?

Von Friedrich Sandmeier, Bern.

Halteschaltung nennen wir eine besondere Anordnung in Z. B.-Teilnehmerapparaten, die verhüten soll, dass durch das Mikrophon Unterbrechungen im Hauptstromkreise entstehen. Sie stellt im Prinzip nichts anderes dar als einen Nebenschluss zum Mikrophon.

Bei Mikrophonen einfacher Bauart — heutzutage fast ausschliesslich Kapseln — ist bekanntlich leicht eine räumliche Lage zu finden, bei der sämtliche Kohlenkörner von der Membran (oder von der Rückwand) abfallen und so eine Unterbrechung des Mikrophonstromkreises hervorrufen. Da nun aber in den gebräuchlichen Teilnehmerapparaten der Weg über das Mikrophon der einzige für Gleichstrom durchlässige ist, so wird durch das Abfallen der Kohlen-

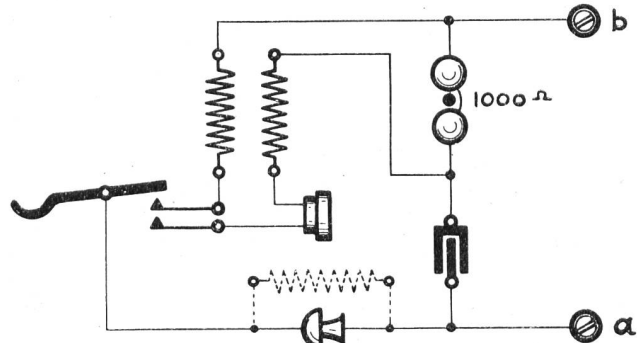


Fig. 1.

körner die Leitung unterbrochen. Beim automatischen System ist dies gleichbedeutend mit einem Zusammenfallen der Verbindung; auch bei dem gewöhnlichen Z. B.-Betrieb wirkt eine Unterbrechung schon unangenehm störend.

Diese Unterbrechungsgefahr ist aus naheliegenden Gründen am grössten bei Verwendung von *Mikrotelefonen* und sozusagen Null bei fest an Wandstationen angebrachten Mikrophonen. Man wird also sagen können: Eine Halteschaltung scheint überall da notwendig, wo bewegliche, „unterbrechende“ Mikrophone in Serie im Hauptstromkreis liegen, ohne dass gleichstromdurchlässige Brücken vorhanden sind.

Diese Bedingungen treffen zu bei der Western-Schaltung nach Fig. 1 und bei der Ericsson-Schal-

tung nach Fig. 2, die beide in unseren Betrieben Verwendung finden.

Bei der Westernschaltung hat man sich früher damit beholfen, dass man einen Widerstand als Nebenschluss an das Mikrophon legte. In der jüngsten Zeit wurde die Westernschaltung bei Apparaten mit Mikrotelefon nicht mehr angewandt.

Bei der Ericssonschaltung wird über einen Hilfskontakt der Kondensator kurz geschlossen, sobald das Mikrotelefon abgehängt wird. Der Nebenschluss zum Mikrophon wird dann durch die Weckerwick-

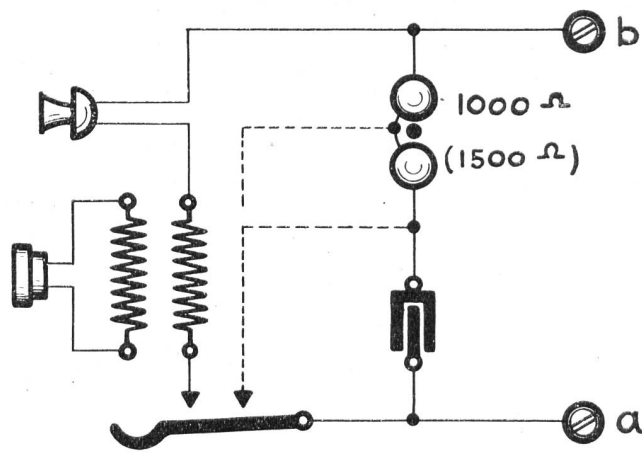


Fig. 2.

lung gebildet (bei Schaltungen unserer Verwaltung 1000 Ohm) oder, bei der Ausführung mit 1500 ohmigem Wecker, durch die halbe Weckerwicklung (750 Ohm).

Es ist nun ohne weiteres klar, dass jeder Nebenschluss zum Mikrophon eine Verschlechterung der Uebertragung zur Folge hat, da er einen Teil des Speisestromes unnütz verzehrt.

Es drängt sich deshalb die Frage auf: ist die Halteschaltung überhaupt notwendig, welche Einflüsse ausser ihrem eigentlichen Zweck hat sie auf die übrige Schaltung und was gewinnen wir, wenn wir sie aufheben?

Die nachstehenden Versuchsergebnisse und Erwägungen stellen einen Beitrag zur Beantwortung dieser Frage dar.

I.

Da uns vor allem der Einfluss der Mikrophonkapsel auf die elektrischen Vorgänge in einem Automatenanschluss interessiert, legen wir unseren Versuchen eine Schaltung nach Fig. 3 zugrunde. Sie ist gekennzeichnet als „Speisung mit 60 Volt über $2 \times 500 \text{ Ohm}$ “. Diese Schaltung ist z. B. in der Zentrale Lausanne angewendet worden.

Die Wicklungen der Relais C, V_1 , J usw. spielen bei unseren Versuchen eine untergeordnete Rolle; sie sind nur der Vollständigkeit halber eingezeichnet.

Es ist nun nicht gesagt, dass das Mikrophon den Stromkreis vollständig unterbrechen müsse, um ein Zusammenfallen der Verbindung hervorzurufen; schon eine gewisse Vergrößerung des Widerstandes wird dazu genügen. Wir haben deshalb vor allem festzustellen, bis zu welchem Betrag die Stromstärke in der Leitung überhaupt sinken darf.

Das Organ, das vornehmlich an der Herstellung der Verbindung beteiligt ist und während deren ganzen Dauer in Tätigkeit bleibt, d. h. seinen Anker angezogen halten muss, ist das Relais A. Es genügt für alle Untersuchungen, wenn wir den Strom

typen beschränken, da moderne Betriebe sich immer mehr auf die Verwendung weniger Modelle konzentrieren.

Zum Vergleich wurden folgende Kapseln benützt:

1. Siemens, hochohmig,
2. Lorenz, hochohmig,
3. „ „ „Berna“, niedrigohmig,
4. Bell AD 895
5. „ 2030 E, unterbrechungssicher
6. Ericsson.

A.

Die Kapseln wurden in ein normales Mikrophongehäuse eingesetzt, das durch einen Motor erschütterungsfrei um eine horizontale Achse parallel zur Membran gedreht werden konnte. Eine Drehung um 360° erfolgte in zirka 30 Sekunden. Der Winkel, den die Membran mit der Vertikalen bildete, war jederzeit bequem ablesbar. Als Leitungswiderstand waren in der durch Fig. 3 veranschaulichten Schaltung 680 Ohm (zirka 10 km Abonnentenkabel 0,8 mm) eingesetzt. Die Stromstärken nahmen folgende Werte an:

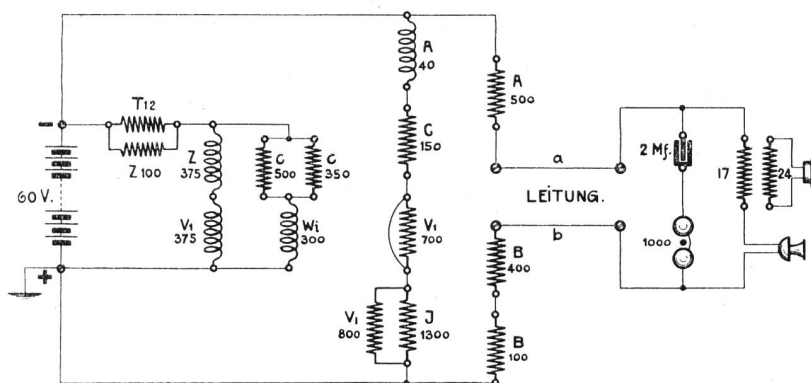


Fig. 3.

in der Arbeitswicklung des Relais A und die Bewegungen seines Ankers beobachten.

Es ergeben sich nun aus den Versuchen folgende Fälle für die Arbeitsweise des Relais A:

- a) Wenn man die Stromstärke langsam abnehmen lässt: Der Anker fällt ab bei 11 MA.
- b) Bei Wiedereinschalten und dauerndem Stromschluss: Der Anker wird angezogen bei 15 MA, fällt aber wieder ab. Der Anker wird angezogen bei 16 MA und bleibt angezogen.
- c) Bei rasch aufeinander folgenden Unterbrechungen und Schliessungen (Impulsen): Die Anker-Kontaktfedern werden zuverlässig betätigt bei 19 MA.

Bei ruhender Wählscheibe darf also die Stromstärke nicht unter 11 MA sinken, beim Wählvorgang nicht unter 19 MA.

Nachdem nun die untere zulässige Grenze der Stromstärke bekannt ist, können wir daran gehen, zu ermitteln, erstens, ob es überhaupt Mikrophone gibt, die in der ungünstigsten Lage ihren Widerstand nicht über das zulässige Mass vergrößern, und zweitens, welche Mikrophone sich in dieser Beziehung am günstigsten verhalten. Wir können uns dabei auf die Untersuchung einiger weniger Kapsel-

Tabelle 1. Stromstärken im Relais A und im Mikrophon.

Kapseltype	Normallage	Ungünstigste Lage	Abnahme in %	Zuläss. Abnahme in %
1. Siemens HO	34,0 MA	30,5 MA	10,29	44,1
2. Lorenz HO	35,0 „	24,0 „	31,42	45,0
3. „Berna“	29,5 „	0 „	100	36,25
4. Bell AD 895	36,5 „	33,5 „	8,24	48,0
5. Bell 2030 E	34,5 „	32,5 „	5,79	45,0
6. Ericsson	35,5 „	30,0 „	15,49	45,0

Als normale Lage bezeichnen wir diejenige mit vertikaler Membrane, als ungünstigste ergab sich eine Neigung von 55° bis 75° gegen die Vertikale, Membran unten.

Man sieht, dass verschiedene Kapseln in bezug auf Unterbrechen sich ohne Halteschaltung ohne weiteres als brauchbar erweisen. Der Grenze der Brauchbarkeit nähert sich die HO-Lorenzkapsel und unbrauchbar ist nur die gewöhnliche ZB-Bernakapsel. Wir müssen aber dabei mit einer gewissen Sicherheit rechnen, wie auch mit dem Umstand, dass ein Leitungswiderstand von 680 Ohm noch nicht das Maximum darstellt. Die HO-Lorenzkapsel scheidet deshalb aus, wie die Bernakapsel.

Beim Versuch wurde, wie schon bemerkt, das Mikrophon sachte gedreht, was den praktischen Verhältnissen nicht ganz zu entsprechen scheint. Ein mehr betriebsmässiger Versuch, wie er unter B beschrieben ist, hat aber die Resultate bestätigt.

B.

Durch fortwährendes Drehen von Hand, Schütteln und leichtes Beklopfen eines Mikrotelephons, in dem die Versuchskapsel eingesetzt war, wurde folgendes Ergebnis erzielt:

Tabelle 2.

Kapsel-Type	Verhalten
1. Siemens HO	Kurze Unterbrechungen, die aber nicht genügen, um Relais A zum Abfallen zu bringen, nur erkennbar an Kondensator-Entladungen. ¹⁾
2. Lorenz HO	Bleibende Unterbrechungen bei normaler Füllung der Versuchskapsel, 0,22 g Pulver. Keine Unterbrechung bei einer Füllung von 0,5 g Pulver. ²⁾

Bei Füllungen zwischen diesen Werten mit zunehmender Füllung immer seltener werdende, bleibende und zeitweilige Unterbrechungen.

3. Bell 2030 E Keine Unterbrechungen.

* * *

Suchen wir nun die 3 Fälle auf, in denen beim Gebrauch des Mikrotelephons die Kapsel in eine schiefe Lage geraten könnte.

Der jedenfalls am häufigsten vorkommende und nicht vermeidbare Fall tritt ein, wenn das Mikrotelephon auf den Tisch gelegt wird. Bei unserer gebräuchlichen Konstruktion bildet die Membran, bei horizontaler Unterlage, mit der Vertikalen einen Winkel von zirka 37°; die ungünstigste Lage erreicht sie erst bei einem Winkel von 55° bis 75°. Die Unterbrechungsfahr ist also nicht sehr gross.

Als zweiten Fall nennen wir das Schiefhalten aus Unkenntnis oder Nachlässigkeit beim Sprechen. Hier ist die Gefahr noch weniger gross; denn erstens ist die Lage doch meistens noch weniger schief als bei dem weggelegten Mikrotelephon, zweitens verringern sich diese Fälle stetig durch systematische Aufklärung des telephonierenden Publikums, und drittens würde gewiss eine infolge allzu nachlässiger Handhabung des Apparates gelegentlich verursachte Unterbrechung einer Verbindung die Instruktionen der Verwaltung wirksam unterstützen.

Den dritten Fall bildet ein absichtliches Aufsuchen der ungünstigsten Lage.

Diesen Fall können wir aber bei unserer Betrachtung ausser acht lassen, da vor absichtlicher Unterbrechung auch die Halteschaltung nicht schützt.

Wir kommen zu folgendem Schluss: Die vorstehenden praktischen Erwägungen, sowie nament-

¹⁾ Diese Stellungen sind nur durch ganz behutsame Lageveränderungen und sorgfältiges Beklopfen aufzufinden.

²⁾ Die Kapsel enthält zu viel Kohlenpulver, sie spricht bedeutend schlechter und ist mit dieser Füllung unbrauchbar.

lich die Tatsache, dass nachgewiesenermassen niedrigohmige wie hochohmige Kapseln auf dem Markte sind, die vermöge ihrer besonderen Konstruktion überhaupt nicht unterbrechen, bieten uns Sicherheit genug dafür, dass Apparate mit Mikrotelephon ohne Halteschaltung betriebssicher sein können.

II.

Was wir durch das Aufgeben der Halteschaltung an Stromstärke im Mikrophon gewinnen, zeigt ein Vergleich der Tabellen 1 und 3. Die Werte in Tabelle 3 wurden erhalten mit einer Schaltung nach Fig. 4 (identisch mit B2—39046 und B2—39047).

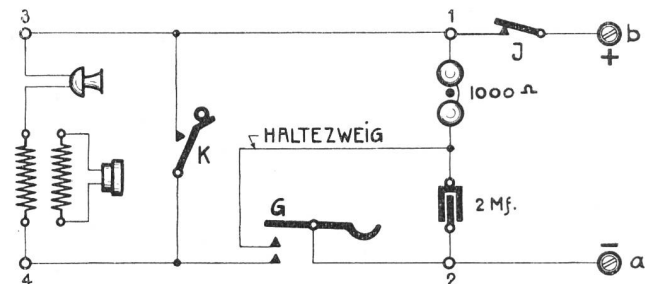


Fig. 4.

Tabelle 3.

Stromstärken im Mikrophon bei Anwendung der Halteschaltung.

Kapseltype	Normale Lage	Ungünstigste Lage	Abnahme
1. Siemens HO	32,0 MA	19,0 MA	40,7 %
2. Lorenz HO	24,5 „	9,5 „	62,6 %
3. „ Berna	27,5 „	0 „	100 %
4. Bell AD 895	35,0 „	28,0 „	20,0 %
5. „ 2030 E	34,0 „	27,5 „	20,6 %
6. Ericsson	33,0 „	21,0 „	36,4 %

Die Stromstärke im Mikrophon berechnet sich nach der Formel:

$$i_m = \frac{E}{R_1 + r_m + \frac{R_1 r_m}{R_w}}$$

wobei nach Fig. 5:

E die Speisespannung,
 R_1 den Widerstand von Leitung und Speiserelais,
 R_w „ „ der Brücke,
 r_m „ „ des Mikrophons samt Primärwicklung der Spule,
 i_m die Stromstärke im Mikrophon bedeutet.

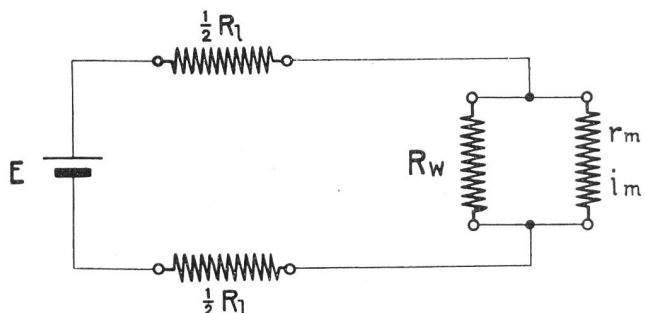


Fig. 5.

Die Stromstärke ist also nicht mehr proportional dem (veränderlichen) Widerstand des Mikrophons, sondern nimmt bei zunehmendem Widerstand schneller ab. In der Normallage der Kapsel ist der Unterschied nicht sehr gross; er nimmt beispielsweise die folgenden, immerhin bemerkbaren Werte an:

Berechnet	Linienwiderstand 680 Ohm		Linienwiderstand 0	
	Mikrophonwiderstand			
	35 Ohm	100 Ohm	35 Ohm	100 Ohm
Stromstärke	33,75 MA	30,8 MA	56 MA	50 MA
Unterschied zu Ungunsten der Halteschaltung	8,76%		10,70%	

Mit der Abweichung von der Normallage nimmt aber der Unterschied rasch zu. Aus den Tabellen 1 und 3 ergibt sich bei der ungünstigsten Lage, abgesehen von vollständigen Unterbrechungen, eine Verminderung des Stromes im Mikrophon bei Anwendung der Halteschaltung von 16,4 bis 60,4 % je nach der Art der Kapsel.

Hierbei fällt noch auf, dass die hochohmige Kapsel gegenüber der niedrigohmigen im Nachteil ist, besonders bei der Anordnung, wo der Widerstand des Nebenschlusses nur 750 Ohm beträgt. Die Schaulinien in Fig. 6 zeigen deutlich die durch den Halte-zweig verursachte Schwächung des Mikrophonstromes.

III.

Es bleibt noch der Einfluss der Halteschaltung auf den Wählvorgang zu untersuchen. Wir betrachten dabei die Schaltung nach Fig. 4. Beim

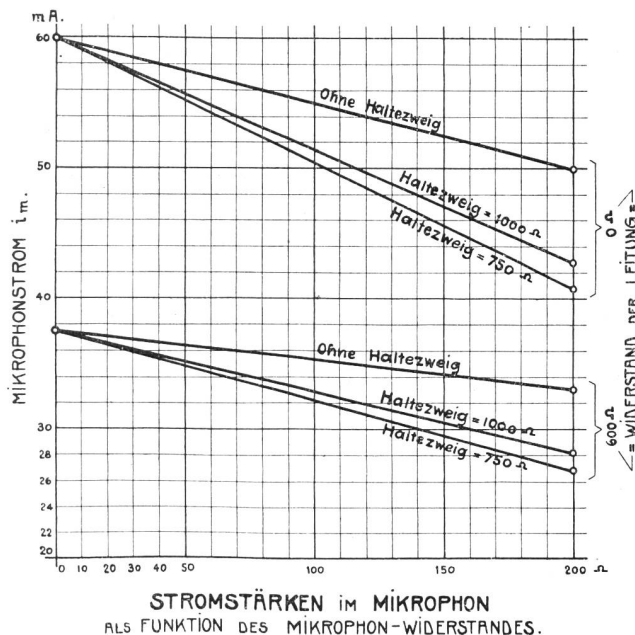


Fig. 6.

Wählen wird der Hauptstromkreis durch den Impulskontakt J wiederholt geöffnet und geschlossen. Da vom Aufziehen des Nummernschalters an bis zum Ende jeder Impulsreihe die Station an den

Punkten 1 und 2 vermittels des Kurzschlusskontaktes K kurz geschlossen ist, und zwar einerseits zum Schutz des Mikrophons, anderseits um eine Einwirkung der Station auf die Impulse auszuschalten,

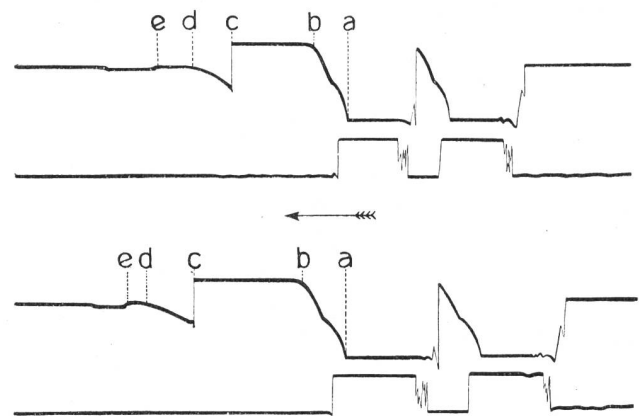


Fig. 7.

so erfolgen sämtliche Impulse über diesen Kurzschluss. Der Kurzschlusskontakt ist mit dem Impulskontakt mechanisch so gekuppelt, dass er sich erst öffnen kann, wenn dieser nach dem letzten Impuls wieder geschlossen ist. Eine Einwirkung des Kondensators, denn um eine solche handelt es sich, könnte also nur in dem Moment erfolgen, in dem sich der Kurzschlusskontakt wieder öffnet. Dass dies aber keinen anderen Einfluss hat, als dass infolge Vergrößerung des Widerstandes die Stromstärke um einen gewissen Betrag sinkt, ist aus Fig. 4 ohne weiteres zu ersehen. Solange K geschlossen ist, liegt an den Punkten 1 und 2 die Spannung 0. Sobald K sich öffnet, erhalten die Punkte 1 und 2 wie auch 3 und 4 die Speisespannung V, das Mikrophon erhält Strom. Der Kondensator ladet sich auf, entsprechend der Spannung an den Punkten 3 und 4, wobei der Ladestrom die gleiche Richtung hat wie der Strom im Mikrophon, also die Wirkung auf den Anker des Relais A noch verstärkt. In der Leitung und somit im Relais A wird die Stromstärke nachher auf den Wert sinken, den sie während des Gespräches behält und der natürlich genügt, um den Anker des Relais A nicht abfallen zu lassen. Ein nachträglicher Impuls entsteht also durch das Öffnen des Kurzschlusskontaktes nicht.

Eine einwandfreie Bestätigung liefern die beiden Oscillogramme, Fig. 7, die an derselben Station nacheinander aufgenommen wurden, das eine Mal mit, das andere Mal ohne Halte-zweig.

Die obere Kurve stellt den Verlauf des Stromes im Relais A (Fig. 3) dar, die untere denjenigen in einem einfachen Stromkreis, bestehend aus Stromquelle, Widerstand und dem durch den Anker des Relais A betätigten Kontakt 3. Man sieht, wie nach der letzten Unterbrechung bei a der Strom wieder bis zu einem Maximum ansteigt bei b. Dieses Maximum ist bedingt durch Kurzschliessung der 400 Ohm-Wicklung des Relais B durch das Relais V₂ während jeder Impuls-Serie. Sobald diese Wicklung wieder freigegeben wird, sinkt die Stromstärke augenblicklich (bei c) unter den Normalwert, den sie beim Sprechen behält, und erreicht diesen infolge besonderer Beschaffenheit des Relais B erst nach

einiger Zeit in langsamem Anstieg wieder (bei d). Nun erfolgt erst (bei e) das Öffnen des Kurzschlusskontaktes K*, was aber nur eine kleine und vorübergehende Verminderung der Stromstärke zur Folge hat.

In den beiden Oscillogrammen ist nun kein Unterschied zu erkennen im Verlauf des Stromes im Relais A; dementsprechend ist auch die Wirkung der Ankerkontakte die gleiche. Von einem ungewollten Impuls mit oder ohne Haltezeit ist natürlich nichts zu bemerken.

Die Halteschaltung übt also auf den Wählvorgang keinen direkten Einfluss aus, kann daher auch deswegen ohne weiteres weggelassen werden.

IV.

Gegen die Weglassung des Haltezeitastes scheint immerhin ein stichhaltiger Grund geltend gemacht werden zu können: Die Möglichkeit einer Vermehrung des Knackgeräusches beim Abheben des Hörers bzw. Mikrotelephons. Bei angehängtem Hörer ist der Kondensator geladen. Sobald der Gabel- bzw. Hakenkontakt G (Fig. 4) geschlossen wird, entlädt sich der Kondensator durch Wecker, Mikrophon und Mikrophonspule I; der Entladestrom hat die gleiche Richtung wie der Speisestrom, verstärkt also den beim Anlegen der Spannung an die Punkte 3 und 4 auftretenden Stromstoß im Hörer. Da aber der

Hörer normalerweise in diesem Moment noch nicht am Ohr liegt, wird das Knackgeräusch nicht wahrgenommen.

Anders verhält es sich, wenn der Abonnent sich der Zentrale durch „Flackern“ bemerkbar machen will und hierbei den Hörer am Ohr behält. In diesem Falle wird er bei gewöhnlichem Z. B.-Betrieb jede Schliessung von G als unangenehmen Knall zu hören bekommen. Der Knall ist aber durch Anwendung der Halteschaltung nicht zu vermeiden, sondern nur etwas abzuschwächen. Das einfachste Mittel, ihn nicht direkt in das Ohr gelangen zu lassen, ist ein momentanes Entfernen des Hörers, was der Abonnent auch sehr bald lernt. In der Automatik erfolgt das „Flackern“ mittels des Nummernschalters, also bei kurz geschlossenem Hörer.

* * *

Die vorliegende Untersuchung zeigt deutlich, dass man die Gefahr der Unterbrechung von Verbindungen durch Mikrophonkapseln bisher überschätzte. Diese Gefahr verschwindet vollständig, wenn unterbrechungssichere Kapseln verwendet werden.

Da andere Vorteile der Halteschaltung bisher nicht nachgewiesen werden konnten, darf eine Schaltung ohne Haltezeitaste als die empfehlenswertere betrachtet werden.

Kontroll-Messungen.

Von P. Doeble, St. Gallen.

Alle bedeutenderen Aemter der schweizerischen Telegraphenverwaltung besitzen zur Fehlereingrenzung das Universalinstrument mit Drehspulgalvanometer für Telegraphenleitungen von Siemens & Halske. Der Fehlerort bei der Erdfehler-Messung wird bei diesem Instrument gefunden nach der Formel:

$$x \Omega = \frac{W \Omega - a \times C \Omega}{\frac{a}{3} + 1} \quad (1)$$

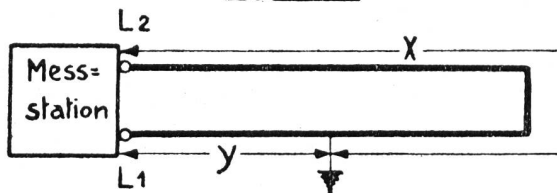
Dabei ist

W = Schleifenwiderstand

C = Vergleichswiderstand (1, 10, 100, 1000 oder 10 000 Ω),

a = Ablesung am Messdraht (1–10).

Figur 1



Durch Linienumkehr (Vertauschen der Zuleitungen L₁ und L₂ in Figur 1) erhält man den Wert für y. Die Summe von x + y soll dann den gemessenen Widerstand W ergeben; man hat darin eine Kon-

trolle, dass die Messung richtig ist und dass man sich auf die erhaltenen Werte verlassen kann. Hat sich in die Messung oder bei der Ausrechnung ein Fehler eingeschlichen, so macht sich derselbe bei der Kontroll-Messung sofort bemerkbar. Auch stimmt die Kontroll-Messung nicht, wenn die zu messende Leitung mehrere Ableitungen bzw. Erdschlüsse aufweist.

Die messbaren Werte für x und y liegen nun bei dem genannten Instrument innerhalb gewisser Grenzen. Befindet sich der Fehler ganz nahe bei der Messstation, so ist für die Bestimmung von x resp. y in dem Sinne eine Grenze gesetzt, dass sowohl C als a nie kleiner werden können als 1. Es ist dies entschieden ein prinzipieller Fehler des Apparates, der dazu führt, dass für Fehlwerte nahe dem Anfang der Leitung eine Kontrollmessung ohne besondere Hilfsmittel nicht mehr möglich ist.

Für letztgenannte Werte (C = 1 und a = 1) haben wir dann folgende Gleichung:

$$x = \frac{W - 1 \times 1}{1/3 + 1} = \frac{W - 1}{1/3 + 1} = \frac{3(W - 1)}{1 + 3} = \frac{3}{4}(W - 1) \quad (2)$$

Bei W = 1000 Ω wird z. B.:

$$x = \frac{1000 - 1 \times 1}{1/3 + 1} = 749,25 \Omega$$

$$y = \frac{1000 - 4,08 \times 100}{\frac{4,08}{3} + 1} = 250,75 \Omega$$

Total 1000,00 Ω

* Bei dieser Aufnahme wurde ein Nummernschalter mit Luftbremse benutzt, daher das späte Öffnen von K. Die normalen Nummernschalter öffnen den Kurzschlusskontakt zeitlich schon zwischen a und b.