Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 37 (1959)

Heft: 4

Artikel: Umklappzeit von Ferriten als Speichermethode

Autor: Jaecklin, André

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-875437

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: 08.08.2025

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

resonanz von Induktivität und Wicklungskapazität. Kurve Nr. 3 zeigt die Leitungsdämpfung des vorangehenden Abschnittes und entspricht somit dem Verstärkungsgrad des Zwischenverstärkers. Erwünscht ist, dass die Kurve Nr. 2 um 4,6 N über der Kurve Nr. 3 liege.

Schlussbetrachtung

Die Sperrspulen sind heute zu einem wichtigen Element bei der Trägerstromübertragung in gemischten Anlagen geworden. Wenn sie auch primär an der Übertragung unbeteiligt sind, so ist ihr Anteil an der Hebung der Qualität doch bedeutend. Da es sich um ein einfaches Hilfsmittel handelt, sind die Kosten für den Spuleneinbau, verglichen mit dem erzielten Erfolg, relativ gering. Der Einfluss der Spulen auf die Niederfrequenzeigenschaften der Leitungen ist unbedeutend. In Neuanlagen kann die Mehrkapazität bei der Spulenfeldeinteilung berücksichtigt werden. Handelt es sich um ein älteres Kabel, so wird der Einbau von Spulen zu 20...26 mH kaum eine Verschlechterung der Homogenität ergeben. Der zusätzliche Gleichstromwiderstand wird bei der Eingrenzung von Isolationsdefekten ähnlich berücksichtigt wie die Pupinwiderstände in der Rechnung.

kHz résulte de la résonance parallèle de l'inductance et de la capacité de l'enroulement. La courbe n° 3 indique l'affaiblissement de ligne du tronçon précédent et correspond ainsi au coefficient d'amplification du répéteur intermédiaire. Il est désirable que la courbe n° 2 soit de 4,6 népers au-dessus de la courbe n° 3.

Conclusions

Les bobines de blocage sont devenues un élément important pour la transmission des courants porteurs dans les installations mixtes. Même si elles ne participent pas directement à la transmission, elles contribuent néanmoins à augmenter la qualité de façon très nette. Comme il s'agit d'un accessoire simple, les frais de montage des bobines sont assez faibles si on les compare au succès obtenu. L'influence des bobines sur les caractéristiques de la basse fréquence des lignes est sans importance. L'insertion de bobines de 20 à 26 mH sur les anciens câbles n'a sur l'homogénéité qu'un effet à peine sensible. La résistance ohmique supplémentaire sera prise en considération dans la localisation des défauts d'isolement de façon analogue aux résistances Pupin dans le calcul.

ANDRÉ JAECKLIN, Baden

Umklappzeit von Ferriten als Speichermethode

621.318.134:621.317.4

Zusammenfassung. *Ferritkerne mit rechteckiger Hysteresisschleife eignen sich gut zur Speicherung digitaler Information. Üblicherweise wird aus dem Ferrit bloss herausgelesen, ob er eine Speichereinheit enthalte oder nicht. Nach der nachstehend ausgeführten Methode wird ausserdem die Zeit gemessen, die der Kern zur Ummagnetisierung benötigt. Die Umklappzeit kann durch Vergleich mit jener eines bekannten Ferrites ermittelt werden. Diese Zeitspanne soll direkt der gespeicherten Zahl entsprechen. Bei einer geeigneten Kombination von vier Ferritkernen kann eine Dezimalzahl mit einem einzigen Uhrimpuls abgelesen werden.*

Résumé. *Les noyaux de ferrite au cycle d'hystérèse rectangulaire se prêtent bien à la conservation d'information digitale. Généralement on regarde si le noyau de ferrite est aimanté ou non. La méthode exposée ci-dessous, au contraire, consiste en la mesure du temps nécessaire pour que la magnétisation change de sens. On la compare à celui d'un noyau de ferrite connu. Ce temps doit exprimer directement le nombre retenu. En combinant judicieusement quatre noyaux de ferrite, on peut obtenir un nombre décimal par une seule lecture.*

I. Einleitung

1. Magnetische Speicherung

Die moderne Technik verlangt häufig die elektronische Speicherung von Information. Überall da, wo diese Information für unbestimmte Zeit aufbewahrt werden soll, haben sich magnetische Speichermethoden durchgesetzt. Diese eignen sich besonders gut für die digitale Auswertung (Rechenautomaten).

Die magnetischen Speichermethoden sind:

a) Magnetband
b) Magnettrommel
c) Ferritkerne

Wir wollen versuchen, eine gegebene Information möglichst rasch aufzufinden und zu verwerten (Grössenordnung μs). Aus diesem Grunde kommen hiefür Magnetband und Magnettrommel nicht in Frage. Dagegen bieten Ferritkerne in dieser Hinsicht sehr grosse Vorteile. Mit der Anordnung von Ferritkernen steigt jedoch der finanzielle Aufwand.

2. Umklappzeit – Speicherung

Ferritkerne werden üblicherweise in grossen Matrizen angeordnet. In jeder Matrize kann nur ein Kern gleichzeitig abgelesen werden. Ein zusätzliches Netzwerk entscheidet über den Ziffernwert und die Dekade des Einzelkerns.

Im folgenden soll eine Methode gezeigt werden, bei der sich die Matrizenanordnung im herkömmlichen Sinne erübrigt. Eine *geeignete Kombination* von Kernen kann gleichzeitig abgelesen werden (zum Beispiel 4 für eine Dekade). Gemessen wird die Summe aller Umklappzeiten. Da eine richtige Zeitmessung recht umständlich wäre, wird sie im angeführten Beispiel durch die bedeutend einfachere Vergleichsmessung von zwei Zahlen, beziehungsweise

die entsprechenden Umklappzeiten ersetzt. Jedem Einzelkern ist ein bestimmter Zahlenwert zugeordnet; ein zusätzliches Netzwerk braucht nur noch über die Dekade der herausgelesenen Ziffer zu entscheiden.

II. Magnetisierungs-Phänomene

1. Begriff der Umklappung

Bevor der experimentelle Befund näher diskutiert werden kann, müssen einige Grundtatsachen über die Theorie des Magnetismus im Ferrit klargestellt werden. Dies ist unerlässlich, da das Resultat sehr eng mit den inneren Vorgängen der Elementarmagnete zusammenhängt.

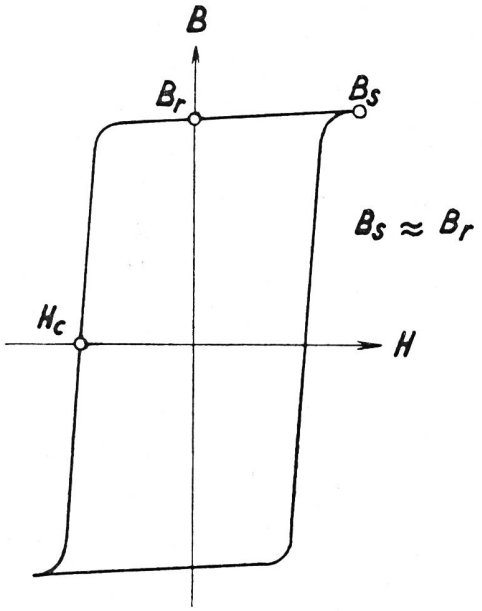

Fig. 1. Rechteckige Hysteresisschleife
Legende:
H = Feldstärke
Hc = Koerzitivfeldstärke
B = Induktion
B_r = Remanenzinduktion
B_s = Sättigungsinduktion

Von einer magnetischen Umklappung kann gesprochen werden, wenn für das Material bloss die beiden Zustände möglich sind, nämlich: vollständige positive Magnetisierung oder vollständige negative Magnetisierung. Anders ausgedrückt: die Remanenz soll der Sättigung entsprechen. Hieraus folgt, dass die Hysteresisschleife rechteckig sein muss (Fig. 1). Erwünscht ist eine geringe Koerzitivfeldstärke, was geringe Ummagnetisierungsverluste bedeutet.

2. Mechanismus der Ummagnetisierung

Über die Ummagnetisierungsvorgänge bestehen nur unbewiesene Hypothesen. Diese dürfen jedoch als glaubwürdig betrachtet werden, da sie sich bisher mit allen Experimenten gedeckt haben. Am besten können die Verhältnisse durch den folgenden Versuch veranschaulicht werden.

Eine Spule auf dem Ferritkern erhält einen rechteckigen Impuls konstanten Stromes, der eine konstante Feldstärke im Kern erzeugt. Was geschieht nun?

Figur 5a zeigt den zeitlichen Verlauf der induzierten Spannung während der Umklappung. Durch eine theoretische Betrachtung [1] kann diese Kurve mit Hilfe der Hysteresisschleife verifiziert werden. Es ist naheliegend, für die beiden Extreme in Figur 5a zwei verschiedene physikalische Vorgänge verantwortlich zu machen, die parallel verlaufen.

Nebenmaximum

Alle Elementarmagnete liegen ursprünglich in bestimmten Vorzugsrichtungen, wie sie zum Beispiel durch die Kristallanisotropie [2] gegeben sind. Diese Elementarmagnete können durch ein Federmodell ersetzt werden. Eine angelegte Feldstärke wird also eine bestimmte Auslenkung bewirken, bis die Kräfte im Gleichgewicht sind. Diese Auslenkung ist zwar sehr gering, sie tritt aber momentan und im ganzen Ferrit gleichzeitig ein. Solche *Rotationen* bewirken eine anfängliche Spitze der induzierten Spannung (Fig. 2a).

Hauptmaximum

Ein Stoff mit rechteckiger Hysteresisschleife, wie er vor uns liegt, besteht vorwiegend aus Kristallen mit antiparallelen Elementarmagneten [2]. Die einzelnen Weiss-Bezirke scheiden sich also durch sogenannte 180°-Wände (Fig. 2b); Zwischenzustände sind nur in der «Wand» möglich.

Diese antiparallele Magnetisierung ist sehr stabil. Klappt aber ein erster Weiss-Bezirk um, dann wird der Nachbarbezirk ebenfalls beeinflusst, und man kann von einer Bezirksgrenzenreaktion sprechen. Die Trennwand verschiebt sich, und eine Kettenreaktion setzt ein. Diese *Wandverschiebung* darf als eigentlicher Mechanismus der Ummagnetisierung angesehen werden. Weitere Effekte, wie Wirbelströme, spielen nur eine vernachlässigbare Rolle.

Beobachtungen am Ferrit-Einkristall bestätigen die obige Hypothese [3]. Je nach Feldstärke wurden Verschiebungsgeschwindigkeiten der Wand von 30... 700 m/s gemessen.

3. Einfluss der Feldstärke

Der Höhe des Stromimpulses entspricht die Feldstärke H. Um eine vollständige Umklappung zu ge-

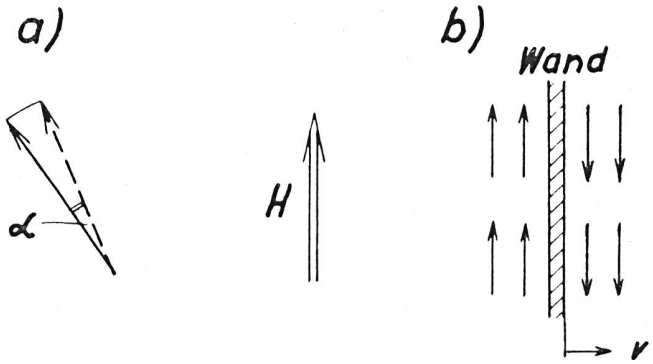

Fig. 2. a = Rotation b = Wandverschiebung H = Feldstärke

währleisten, muss die Koerzitivfeldstärke H_c während genügend langer Zeit (Umklappzeit) überschritten werden. Eine teilweise Umklappung soll in jedem Fall vermieden werden, da für ein Speicherelement nur der gesättigte Zustand zulässig ist.

Das Experiment zeigt, dass die Umklappung bei hoher Feldstärke rasch erfolgt. Es besteht ein linearer Zusammenhang (Fig. 3), der sich aus einer viskosen Dämpfung der Wandbewegung erklärt.

III. Umklappzeit – Speicherung

1. Symbolik

Da jeder Kern in verschiedenen Richtungen magnetisiert werden kann, muss eine entsprechende Notation beigezogen werden. Die übersichtlichste Darstellung liefert das «Spiegelsymbol», wie es in der amerikanischen Literatur verwendet wird (Fig. 4).

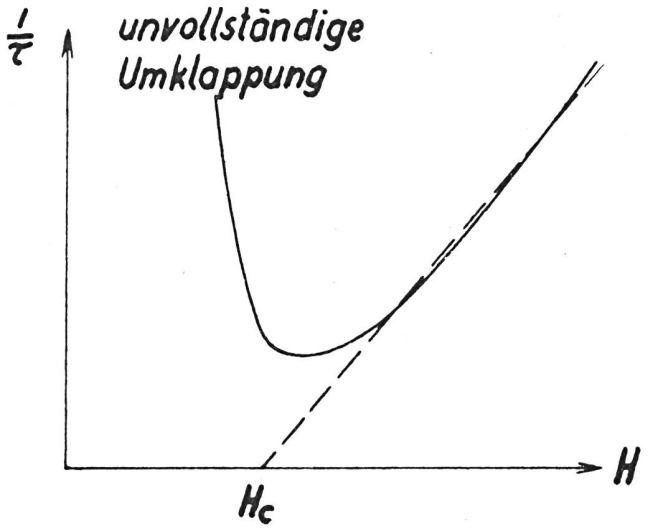

Fig. 3. Umklappgeschwindigkeit
Legende:
H = Feldstärke
H_c = Koerzitivfeldstärke
τ = Umklappzeit

Der Ferrit ist durch den horizontalen Balken charakterisiert, die schrägen Striche wollen wir als Spiegel auffassen.

2. Umklappung durch einen Spannungsimpuls

Bisher haben wir mit Impulsen konstanten Stromes experimentiert. In diesem Falle bestimmt der Strom die Umklappzeit.

Bei einem Impuls inkonstanter Spannung hängt der Strom während der Ummagnetisierung von der Windungszahl ab (Ohmsches Gesetz). Das Produkt aus Strom und Zeit entspricht dem erzeugten Gesamtfluss. Der zur Umklappung des Ferrites notwendige Fluss ist durch Material und Dimensionen gegeben, daher kann mit der Windungszahl die Umklappzeit proportional verändert werden. Dieses Ergebnis bildet die Grundlage der ganzen Speichermethode.

Der zu erwartende qualitative Stromverlauf kann aus den bisherigen Ergebnissen auf einfache Weise

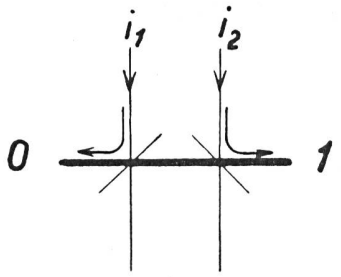

Fig. 4. i_1 = Nullstellung i_2 = Speicherung einer 1

konstruiert werden (Fig. 5). Es wurde angenommen, die Momentanimpedanz der Ferritspule sei in beiden Fällen gleich, was bei geeigneter Windungszahl mit guter Näherung zutrifft. Die Übereinstimmung mit dem gemessenen Oszillogramm ist auffallend gut (Fig. 6). Das Ende der Umklappung ist nicht eindeutig feststellbar, da die Flanke der Stromspitze eine endliche Steilheit hat (Fig. 5b).

Eine vorzügliche Quelle für niederohmige Spannungsimpulse finden wir im *Blocking-Oszillator*. Während des Rechteckimpulses baut sich in dessen Impulstransformator ein magnetisches Feld auf. Bei Impulsende induziert das Feld eine negative Spitze, den sogenannten *Backswing*. Diese unerwünschte Spitze kann eine Diode auf einfache Weise unschädlich machen (Fig. 7).

Der Blocking-Oszillator arbeitet bis zu Belastungsströmen von einigen 100 mA wie eine ideale Spannungsquelle. Er ist bloss während der Anstiegszeit des Impulses empfindlich. Wird ihm in diesem Moment zuviel Strom entzogen, dann kann sich der regenerative Vorgang nicht mehr ungestört abspielen; der Impuls fällt vorzeitig in sich zusammen. Dieser Effekt legt die minimal zulässige Impedanz eines Ferritkerns, beziehungsweise die minimale Windungs-

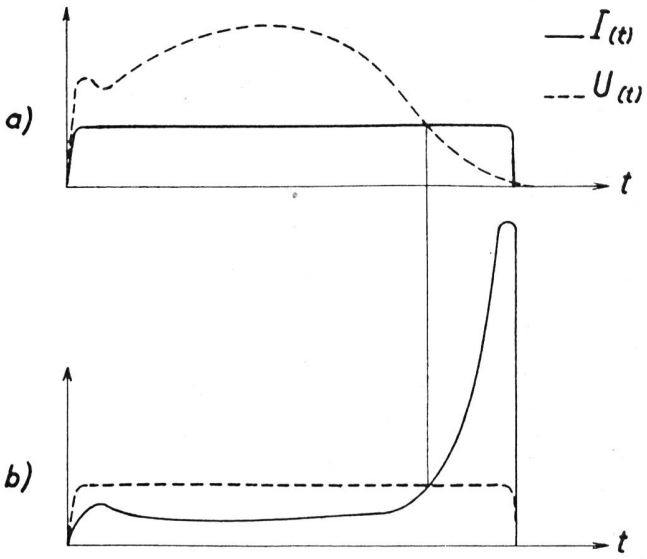

Fig. 5. a = Impuls konstanten Stromes
b = Impuls konstanter Spannung
I = Stromstärke in Funktion der Zeit
U = Spannung in Funktion der Zeit
t = Zeit

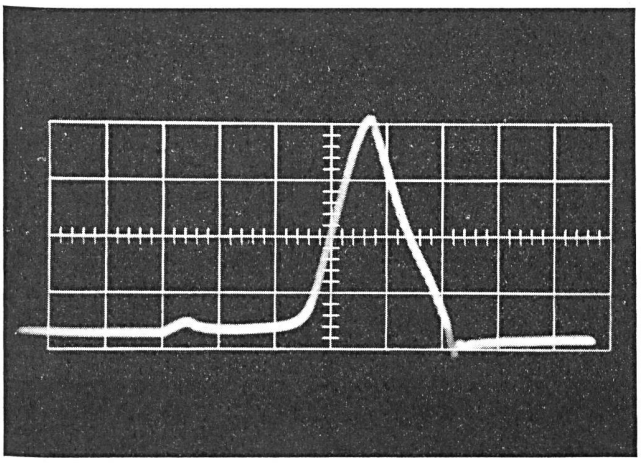

Fig. 6. Umklappstrom
1 Viereckfeld ≙ 200 mA, 1 μs

zahl fest. Die gesamte Dimensionierung der Speicherkerne wird dadurch beeinflusst.

Sobald der Ferritkern vollständig umgeklappt ist, steigt der Strom gegen einen sehr hohen Wert an. Automatisch beginnt der Blocking-Oszillator wieder zu sperren und schützt sich selber vor Überlastung (Fig. 6).

3. *Ansprechstrom*

Hat der Spannungsimpuls eingesetzt, dann steigt der Strom, verzögert durch die Lastinduktivität, langsam an. Sobald die Koerzitivfeldstärke erzeugt wird, beginnt die Ummagnetisierung des Kernes. Während der ganzen Umklappzeit bleibt der Strom konstant (Fig. 6). Wir wollen diese Stromschwelle *Ansprechstrom* nennen. Je höher die Windungszahl ist, desto tiefer liegt dieser Ansprechstrom. Der totale magnetische Fluss, der dem Integral des Stromes über die Umklappzeit entspricht, bleibt konstant und unabhängig von der Windungszahl.

Nehmen wir an, eine Reihe von verschieden bewickelten Kernen sei in Serie geschaltet. Sobald der Strom in einem Kern die Ansprechschwelle erreicht, dann liegt sofort der ganze Spannungsabfall über diesem, bis der Ferrit fertig umgeklappt hat. Erst dann steigt der Strom weiter, und der nächste Kern kommt an die Reihe. Auf diese Weise ergibt sich eine *selbsttätige Selektion*, bei der immer der Kern mit der längeren Umklappzeit den Vortritt hat.

Bei Impulsanfang wird allerdings in allen Kernen eine kleine Spannungsspitze induziert, die von den «Rotationen» herrührt. Ebenso ergibt sich während des grossen Stromanstieges bei Impulsende eine geringe Restmagnetisierung, die für alle Kerne gleichzeitig eintritt (Fig. 5b). Diese Nebeneffekte haben jedoch keinen Einfluss auf den grundsätzlichen Vorgang.

4. *Zählprinzip*

Der absolute Betrag der Umklappzeit hängt in starkem Masse von der Spannung ab. Vergleichen wir jedoch die Zeit mit der Umklappzeit eines zweiten Ferrites, dann wird jegliche Spannungsabhängigkeit eliminiert. Wie schon ausgeführt, entspricht ein Vergleich der Umklappzeiten gerade dem Vergleich der gespeicherten Zahlen.

Figur 7a zeigt, wie ein solcher Zahlenvergleich realisiert werden kann. Sind die Zahlen A und B gleich gross, dann heben sich die Ströme durch den Zählkern in jedem Moment auf. Ist die Zahl A jedoch grösser als B, so hat sich die Umklappung von B rascher vollzogen. Der Strom in diesem Zweig steigt an, bis er ausreicht, auch den Zählkern umzuklappen. Wenn A fertig ummagnetisiert ist, dann ist auch der rasche Zählkern umgeklappt.

Es wurde stillschweigend angenommen, der Zählkern habe den grössten Ansprechstrom, so dass eine selbsttätige Selektion möglich ist.

Zur Umklappung des Zählkerns steht die Zeitdifferenz $t_A - t_B$ zur Verfügung. Dieses Resultat stimmt nicht, da der Zählkern im Augenblick seiner Ummagnetisierung als Transformator wirkt und die Umklappung des Kernes A beschleunigt. Im ungünstigsten Falle bleibt nur noch die Zeit $\frac{1}{2}(t_A - t_B)$ übrig.

Wie aus Figur 7 folgt, geschieht jede Auszählung in zwei Stufen. Zuerst werden die Zahlen A und B verglichen und das Resultat im Zählkern gespeichert. Beim nächsten Puls wird der Zählkern abgelesen und das Resultat auf eine Anzeigevorrichtung gegeben.

5. *Speicherung einer Dekade*

Sämtliche Werte einer Dekade müssen in vier Elementen gespeichert werden können. Wie aus den weiteren Erklärungen hervorgeht, sollen hohe Zahlengewichte möglichst vermieden werden; wir wählen deshalb den Code 1-2-3-3. In einem Setzvorgang wie in Figur 7b kann die gewünschte Zahl in die einzelnen Kerne «geschrieben» werden.

Wir unterscheiden eine bekannte Referenzzahl und eine unbekannte Zahl, deren Grösse uns interessiert. Figur 8 zeigt den Ablesevorgang. Mit Hilfe von zwei Zählkernen werden die drei Fälle grösser – kleiner – gleichgross ermittelt. Es wurde eine Umklappzeit von 0,4 μs je Einheit gewählt.

Wie in Figur 7b, hat jeder Zählkern eine spezielle Wicklung zur Anzeige des Resultates. Es kann beispielsweise ein Flip Flop getriggert werden, der das Ergebnis optisch anzeigt.

Alle bisherigen Untersuchungen wurden anhand des repetitiven Auszählvorganges durchgeführt, da

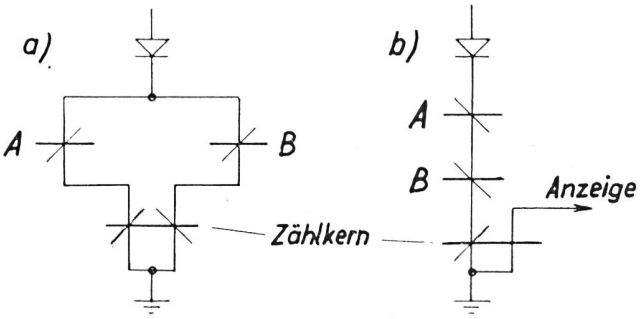

Fig. 7. a = Auszählung
b = Setzen von A, B; Nullstellung des Zählkerns

dieser die Beobachtungen am Oszillographen stark vereinfacht. Die Verfolgung des einmaligen Vorganges zeigt jedoch, dass verschiedene Arbeitsbedingungen strenger formuliert werden müssen, um zuverlässige Resultate zu erzielen. Beim einmaligen Prozess wirkt sich vor allem aus, dass die Hysteresisschleife nicht ideal rechteckig ist.

6. *Störeffekte*

a) *Bremskern.* Wie schon im Abschnitt 2 ausgeführt, ist der Blocking-Oszillator während seiner Anstiegsflanke belastungsempfindlich. Dank der selbsttätigen Selektion ist im ersten Zeitmoment immer die grösste Impedanz wirksam. Hat jedoch die eine oder gar beide der gespeicherten Ziffern den Wert 0, dann wird die anfängliche Strombelastung so hoch, dass der Blocking-Oszillator gestört wird.

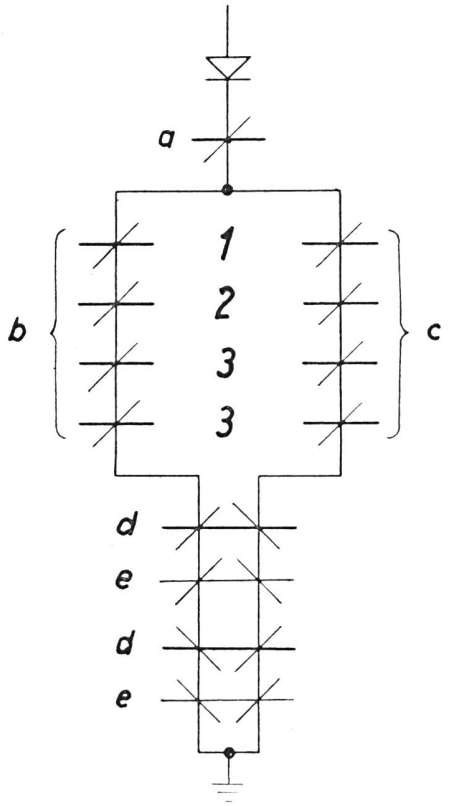

Fig. 8. Vergleich zweier dekadischer Zahlen
Legende:
a = Bremskern
b = Unbekannte Zahl
c = Referenzzahl
d = Zählkern
e = Symmetrierkern

In Serie mit allen übrigen Ferriten schalten wir einen Vorkern oder *Bremskern* (Fig. 8). Dieser wird unabhängig von der gewählten Ziffer umgeklappt. Der Ansprechstrom muss kleiner sein als jener des Kernes «3». Die Verzögerung des ganzen Zählvorganges soll möglichst gering gehalten werden, weshalb ein Miniaturkern mit sehr kleinem Querschnitt verwendet wurde. Entsprechend klappt dieser viel rascher um als ein normaler Ferrit.

Der Blocking-Oszillator wird in der gewünschten Weise entlastet. Der Bremskern bestimmt jetzt die wirksame Anstiegsflanke des Spannungsimpulses; sie ist nicht mehr abhängig von der gespeicherten Zahl.

b) *Symmetrierkern.* Die Herstellung einer möglichst rechteckigen Hysteresisschleife bereitet grosse technologische Schwierigkeiten. Selbst Ferrite, die im selben Arbeitsgang gesintert und geglüht wurden, weisen untereinander Abweichungen auf. In unserem Falle bewirken solche Abweichungen verschieden lange Umklappzeiten bei gleicher Dimensionierung. Diese Unterschiede sind proportional zur gesamten Ummagnetisierungszeit. Hohe Zahlengewichte sind also besonders benachteiligt.

Stimmen in Figur 8 die zu vergleichenden Zahlen überein, weichen aber die Hysteresisschleifen der Ferrite voneinander ab, dann wird auf dem einen Zählkern ein kleiner Stromstoss wirksam. Dieser Stromstoss soll durch einen *Symmetrierkern* unschädlich gemacht werden, der in Serie mit dem Zählkern arbeitet (Fig. 8); Symmetrier- und Zählkern haben denselben Ansprechstrom. Für den ersteren wird jedoch wieder ein Miniaturferrit verwendet, der bedeutend rascher umklappt. Der Symmetrierkern absorbiert somit den grössten Teil des schädlichen aber kurzen Stromstosses, während die eigentliche Funktion des Zählkerns nicht behindert wird.

Mit einer selektiven Anzeigevorrichtung konnten Abweichungen der Umklappzeit bis 45% je Einheit (das heisst 15% für die Zahl «3») zugelassen werden.

IV. Kritik

Es ist eine neue Methode zur magnetischen Speicherung von Zahlen ausgeführt worden. Wenn dieses Prinzip technisch auch recht interessant ist, so wird es die vorhandenen Verfahren nicht ersetzen, aber gut ergänzen.

In der vorliegenden Form handelt es sich mehr um eine Laboratoriumsmethode, deren Weiterentwicklung jedoch interessante Gesichtspunkte aufwirft. Auf Grund der beschriebenen Technik kann eine neue Art eines logischen Systems aufgebaut werden, das sich durch besondere Raschheit auszeichnet. Ein Additionswerk, das nach diesem Prinzip arbeitet, benötigt ausserdem nur eine minimale Zahl von Uhrpulsen. Die Rechengeschwindigkeit nähert sich damit den Grenzen, die einstweilen durch das Material gesetzt sind.

Bibliographie

[1] *van der Heide H., H. G. Bruijning* und *H. P. J. Wijn.* Schaltzeiten bei Ferriten mit rechteckiger Hysteresisschleife. Philip's Techn. Rdsch. **18** (1957), 334...344.

[2] *Wijn H. P. J., E. W. Gorter, C. J. Esveldt* und *P. Geldermans.* Bedingungen für eine rechteckige Hysteresisschleife bei Ferriten. Philips Techn. Rdsch. **16**(1954), 124...134.

[3] *Galt, J. K.* Motion of Individual Domain Walls in a Nickel-Iron Ferrite. Bell Syst. Techn. J. **33** (1954), 1023...1054.

Adresse des Autors: *André Jaecklin*, Mellingerstr. 85, Baden/AG.