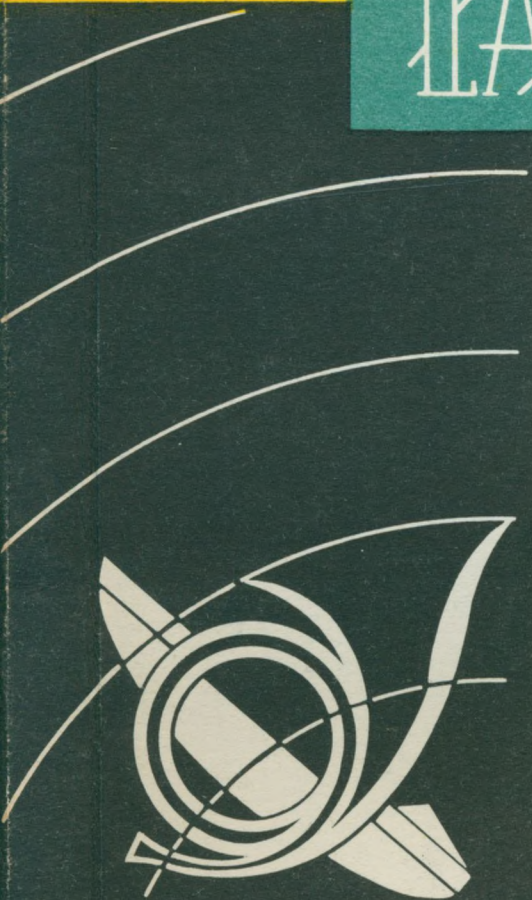


1 9 6 2
Nr 9 (12)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA — MIEDZESZYN

PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI

Instytut Łączności
Nr



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PRZEGLĄD ZAGADNIEN ŁĄCZNOŚCI

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności

Nr.

ROK 2

WARSZAWA 1962

9/12/

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Ośrodek Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Kolegium Redakcyjne:

Przewodniczący - mgr inż. Zenon Szpigler
Z-ca Przewodniczącego - mgr inż. Władysław Cetner

Członkowie:

inż. Edmund Janowski, doc. Stefan Jasiński,
mgr Kazimierz Kotowski, mgr inż. Adam Moniuszko,
mgr inż. Józef Mozejko

Sekretarz Redakcji - Irena Kulko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Ośrodek

Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

Na prawach rękopisu - do użytku służbowego

Dział Wydawniczy OKW Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 650. Druk ukończono
w styczniu 1963 r.

PRZEGLĄD
ZAGADNIENI ŁĄCZNOŚCI

Ferryty w telekomunikacji

SPIS TREŚCI

	Str.
1. A. Artman - Wstępne wiadomości o elementach magnetycznych zawierających rdzenie z prostokątną pętlą histerezy.	1
2. J.G. Koblenc, D.A. Jakowienko - Jednotaktowy układ łączeniowy z pośredniczącym obwodem LC na ferrytach o prostokątnej pętli histerezy - Opracowała A. Artman.	6
3. Praca zbiorowa - Elementy magnetyczne, logiczne, przerzutnikowe i wzmacniające na ferrytach o prostokątnej pętli histerezy - Opracowała A. Artman.	23
4. K.E. Wołkowickij. - Przybliżona metoda projektowania jednotaktowych układów ferrytowo-diodowych - Opracowała A. Artman.	45
5. K.R. Wilderspin - Układy magazynujące informację - Opracowała A. Artman.	61

A. Artman

WSTĘPNE WIADOMOŚCI O ELEMENTACH MAGNETYCZNYCH ZAWIERAJĄCYCH RDZENIE Z PROSTOKĄTNĄ PĘTLĄ HISTEREZY

W ostatnich latach w technice łączenia automatycznego występuje tendencja zastąpienia przekaźników elektromagnetycznych układami bezstykowymi. Obok stosowanych układów lampowych i półprzewodnikowych, elementami o działaniu przekaźnikowym okazały się także obwody z rdzeniami ferrytowymi o prostokątnej pętli histerezy.

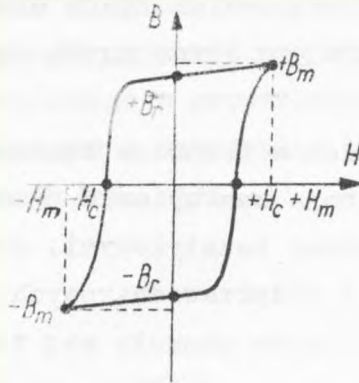
Zastosowaniu ferrytów w technice łączenia poświęcony jest niniejszy zeszyt.

Każdy materiał magnetyczny posiada pewien przebieg magnesowania, zwany pętlą histerezy, który można w odpowiednim układzie pomiarowym obejrzeć na ekranie oscyloskopu /rys. 1/. Pętla histerezy charakteryzuje się następującymi punktami:

- 1/ indukcją szczątkową B_r
- 2/ indukcją maksymalną B_m
- 3/ natężeniem pola H_m
- 4/ natężeniem pola powściągającego H_c

Jeżeli w pętli histerezy stosunek indukcji szczątkowej B_r do indukcji maksymalnej B_m , który określa się jako współczynnik prostokątności, jest bliski jedności /praktycznie 0,9/, to pętlę taką określamy jako prostokątną.

Taka krzywa magnesowania charakterystyczna jest dla rdzeni ferrytowych.



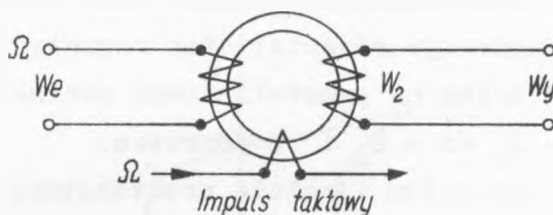
Rys. 1. Punkty charakterystyczne pętli histerezy rdzeni ferrytowych

Rozważmy pracę podstawowego obwodu na rdzeniu ferrytowym

Element magnetyczny składający się z rdzenia o prostokątnej pętli histerezy charakteryzuje się dwoma stanami równowagi, przy czym obecność dodatniej indukcji szczątkowej w rdzeniu przyjmujemy umownie za stan "1", obecność zaś indukcji ujemnej za stan "0". Ma to szczególne zastosowanie w dwójkowym /binarnym/ systemie liczenia. Ponieważ informacje mogą być wyrażone w postaci liczb, szczególnie liczb zapisywanych w układzie dwójkowym, element magnetyczny zapisujący jeden z dwóch stanów, a więc zapisujący wartość wyrażoną w dwójkowym układzie, może spełniać rolę komórki pamięci. Rdzeń magne-

tyczny bowiem magnędowany polem określonego kierunku zachowuje odpowiadającą temu polu indukcję szczątkową przez czas nieograniczenie długi po usunięciu pola.

Rozpatrzmy elementarny obwód magnetyczny składający się z rdzenia ferrytowego o prostokątnej pętli histerezy, na którym nawinięto 3 uzwojenia: wejściowe W_e , wyjściowe W_y , taktowe T /rys. 2/.



Rys. 2. Podstawowy obwód na rdzeniu ferrytowym

Jeżeli na uzwojeniu wejściowym pojawi się impuls dodatni, wywołujący pole o sile magnetomotorycznej co najmniej równej sile koercji, wówczas rdzeń zostanie namagnesowany do stanu 1. Impuls wyjściowy pojawi się wówczas, gdy po każdym impulsie wejściowym zostanie przyłożony impuls taktowy, pod wpływem którego rdzeń zostanie przemagnesowany do stanu "zerowego". W wyniku przemagnesowania rdzenia w uzwojeniu wyjściowym indukują się impulsy s.e.m., które mogą być wykorzystane do sterowania analogicznych elementów magnetycznych. Przenoszenie sygnału z jednego elementu do drugiego powinno następować w jednym tylko określonym kierunku, np. od elementu nr 1

do elementu nr 2. Wynika stąd konieczność stosowania selektywnego obwodu sprzężenia między dwoma elementami. Przy działaniu impulsu taktowego dokonuje się przekazywanie poprzez obwód sprzężenia sygnałów wyjściowych od pierwszego rdzenia magnetycznego do drugiego.

Należy zaznaczyć, że przemagnesowanie rdzenia pod wpływem impulsu taktowego i powstanie w rezultacie w uzwojeniu wyjściowym s.e.m. może nastąpić tylko wówczas, gdy rdzeń znajdował się w stanie "1". Takie uzyskanie impulsu wyjściowego nazywamy odczytaniem "jedności".

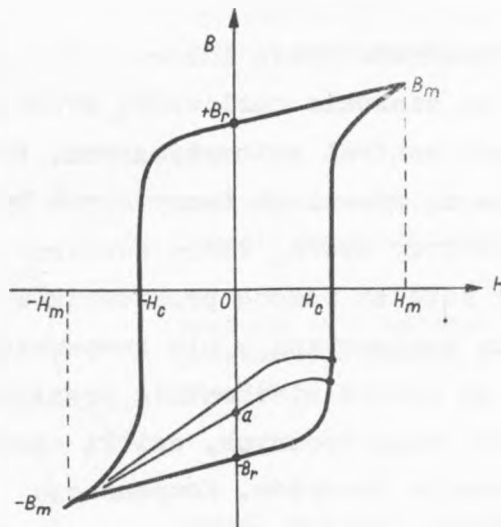
Jeżeli rdzeń znajduje się w stanie "0", to impuls taktowy nie przemagnesuje rdzenia; stan magnetyczny rdzenia zmieni się tylko na prostoliniowym odcinku pętli histerezy od $-B_r$ do $-B_m$ i z powrotem.

Ponieważ w przypadku idealnie prostokątnej charakterystyki ferrytu odcinek ten nie przedstawia sobą żadnej oporności, zmiana powyższa nie powinna powodować pojawienia się żadnego sygnału.

W istocie jednak pętla histerezy rzeczywistego rdzenia ferrytowego nie jest idealnie prostokątna i odcinek omawiany posiada pewne nachylenie, w związku z czym będzie indukowany odpowiedni sygnał. Sygnał ten nazywamy sygnałem zakłócenia w odróżnieniu od sygnału powstałego przy odczycie, zwanego sygnałem użytecznym.

Sygnał zakłócenia jest zbyt mały, aby przemagnesować następny rdzeń, może jednak zmienić stan tego rdzenia, przesuując go od punktu $-B_r$ o pewną wartość a . Po skończeniu działania impulsu zakłócającego indukcja szczątkowa w rdzeniu ustala się powyżej punktu $-B_r$ /rys.3/.

W wyniku tego, pod działaniem kolejnego impulsu taktowego na następny rdzeń, w uzwojeniu wyjściowym tego ostatniego zaindukuje się s.e.m. zakłócenia, przewyższająca zakłócenia z poprzedniego rdzenia. A więc sygnały zakłóceń przekazywane impulsami taktowymi do kolejnych rdzeni stopniowo rosną i w rezultacie, poczynając od pewnego rdzenia, nastąpi przekazanie jedności, czyli fałszywej informacji. Zakłócenia są tym mniejsze, im bardziej kształt krzywej zbliżony jest do prostokąta.



Rys. 3. Wpływ sygnału zakłócającego na pętlę histerezy

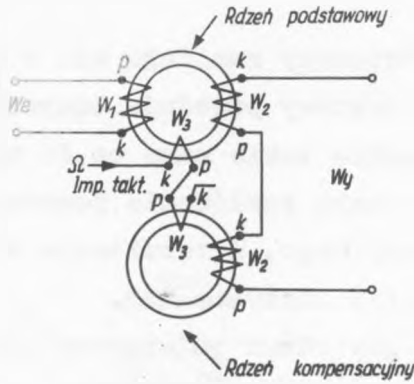
JEDNOTAKTOWY UKŁAD ŁĄCZENIOWY Z POŚREDNICZĄCYM
OBWODEM LC NA FERRYTACH O PROSTOKĄTNEJ PĘTLI
HISTEREZY^{1/}

J.G. Koblenc, D.A. Jakowienko, Adnotaktnaja komutacjonnaja schiema s promiežutocznym konturom LC na fierritach s prjamougolnoj pietlej gistierezisa. Elektroswiaż Nr 11/1957, str. 101-112.

1. WSTĘP

Badania prowadzone przez laboratorium elektrone-
we ZSRR wskazały na szerokie możliwości wykorzystania
ferrytów w układach central automatycznych. Pierwszym
układem zbudowanym na rdzeniach ferrytowych był wykona-
ny w 1950 r trzytaktowy obwód, który zawierał trzy pary
rdzeni łączone ze sobą za pomocą prostowników selenowych.
Układ ten wyróżnia zastosowana w nim kompensacja zakłó-
ceń powstających na skutek nieidealnie prostokątnej pęt-
li histerezy rdzeni magnetycznych, dzięki czemu stało
się możliwe stosowanie ferrytów. Kompensacja zakłóceń
odbywa się za pomocą dodatkowego rdzenia kompensacyjne-
go, którego wyjściowe uzwojenie jest włączone szeregowo,
ale w przeciwnym kierunku do odpowiedniego uzwojenia
wyjściowego podstawowego rdzenia /rys. 1/.

^{1/} Wszystkie artykuły na podstawie oryginałów opraco-
wała A. Artman.



Rys. 1. Obwód i wykresy impulsów wyjaśniające kompensację "zer"

Gdy rdzeń podstawowy znajduje się w stanie "0", nadchodzący impuls taktowy powoduje oczywiście powstanie zakłócenia, jednakże takie same co do wartości lecz przeciwne co do znaku zakłócenia powstają w uzwojeniu rdzenia kompensacyjnego. W rezultacie następuje kompensacja zakłóceń przy odczycie "0".

W przypadku gdy rdzeń podstawowy znajduje się w stanie "1", nadchodzący impuls taktowy powoduje pojawienie się impulsu użytecznego z rdzenia podstawowego oraz z rdzenia kompensacyjnego impulsu zakłóceń o znaku przeciwnym, który będzie nieco zmniejszał sygnał wyjściowy. Kompensacja zakłóceń daje możliwość uzyskania współczynnika $K = 30 \pm 50$ /tzn. stosunku sygnału użytecznego do sygnału zakłócenia/.

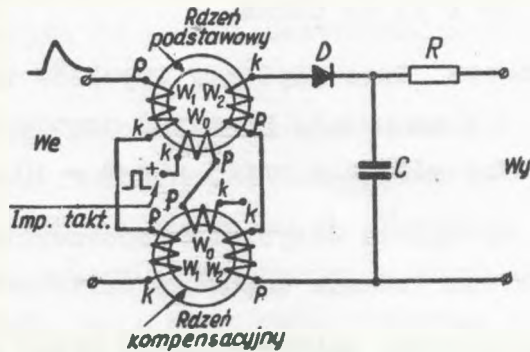
2. JEDNOTAKTOWY UKŁAD Z OBWODEM RC

Bodźcem do opracowania innych elementarnych układów na ferrytach o prostokątnej pętli histerezy było uzyskanie dużych uproszczeń oraz złagodzenie wymagań dotyczących źródeł impulsów zasilających /taktowych/.

Na rysunku 2 pokazano opracowany w NIITS^{1/} jednotaktowy układ z obwodem RC, w którym także zastosowano kompensację zakłóceń za pomocą dodatkowego rdzenia.

Eksperymentalne badania i obliczenia wykazały, że dla niewielkich częstotliwości powtarzania impulsów takto-

^{1/} Nauczno Issledowatielskij Institut Gorodskoj i Biel-skoj Telefonnoj Swiazi.



Rys. 2. Jednotaktowy układ z obwodem RC

wych /do 30 kHz/ i przy użyciu ferrytowych rdzeni PP-2, wykonanych w NIITS /o średnicy zewnętrznej 4 mm, wewnętrznej - 2,5 mm, wysokości 4 mm, $B_m = 2500$ Gs, $Br/B_m = 0,86 \pm 0,9$ i $H_c = 0,7 \pm 0,8$ Oe przy rozmagnesowaniu polem zmiennym $H_m = 2$ Oe częstotliwości $f = 30$ kHz/, optymalne dane są następujące: $R = 400 \Omega$; $C = 30000$ pF. Prostownik D zbudowano z miniaturowych selenowych prostowników o średnicy 7,2 mm typu WS-7,2, posiadających oporność w kierunku przepuszczania rzędu $50 \pm 60 \Omega$, w kierunku zaś zaporowym rzędu $100 \pm 200 \Omega$. Układ zasilało impulsami taktowymi o kształcie trapezowym, amplitudzie rzędu $I_T = 1$ A, nachyleniu przedniego zbocza $1 \mu s$, czasu trwania impulsu $3 \mu s$.

Układ jednotaktowy z pośredniczącym obwodem RC w porównaniu z układem dwu i trójtaktowym umożliwia zmniejsz-

szenie liczby rdzeni i uproszczenie generatora impulsów taktowych; jednakże z punktu wykorzystania w centrach automatycznych układ ten posiada szereg wad:

- 1/ za duży pobór mocy zasilającej /impulsów taktowych/ do 4 VA na układ,
- 2/ stosunkowo duże napięcie impulsów zasilających około 4 V na układ, ponieważ uzwojenie przesuwające musi mieć nie mniej niż 8 - 10 zwojów,
- 3/ ostre wymagania dotyczące dopuszczalnego maksymalnego czasu trwania impulsów taktowych,
- 4/ niedostateczne zabezpieczenie przed powrotnym prądem informacji.

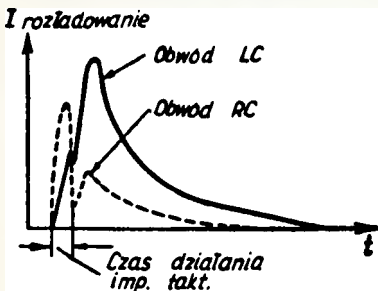
Przy konieczności zasilania dużej liczby /kilkuset/ układów, wady te utrudniają budowę generatora impulsów taktowych ze względu na konieczność zastosowania lamp generacyjnych o dużej mocy. Należy przy tym zaznaczyć, że urządzenia CA pobierają energię ze stałej baterii 60 V. Aby spełnić to wymaganie, konieczne jest zmniejszenie mocy zasilającej każdy układ.

3. JEDNOTAKTOWY UKŁAD Z OBWODEM LC

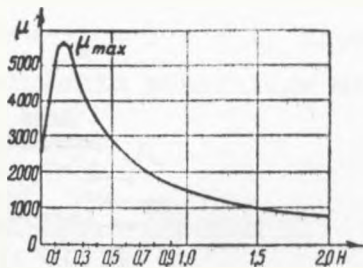
W układzie jednotaktowym z obwodem RC zapamiętanie informacji następuje do momentu odczytu, tj. do pojawienia się impulsu taktowego, który powoduje przemagnesowanie rdzenia. Kondensator C ładuje się impulsem prądu wychodzącym z uzwojenia wyjściowego, po czym rozładowuje się przez wejściowe uzwojenie następnej pary rdzeni, powodu-

jąc tym samym zapis "1" w następnym układzie. Przy tym znaczna część energii jest bezużytecznie wydzielana na oporności R. Jeżeli natomiast czynną oporność zastąpić specjalnie dobraną indukcyjnością L, wówczas impuls rozładowania można ukształtować tak, aby większa część energii była zużyta do przemagnesowania następnego rdzenia.

Wyjaśnia to rysunek 3, na którym pokazano oscylogramy impulsów prądu rozładowania dla układu z odpowiednią indukcyjnością zamiast oporności R. Dławik L powinien być zbudowany na rdzeniu ferrytowym o dużym współczynniku przenikalności, np.: NC - 2500. Przebieg zależności $\mu = f / H /$ dla ferrytu z dużą przenikalnością magnetyczną pokazano na rys. 4.



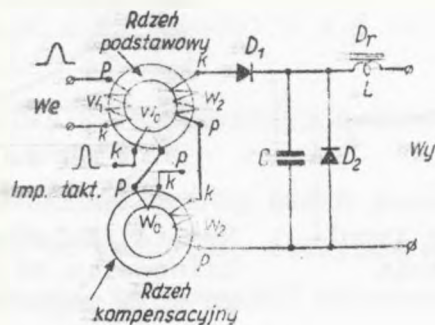
Rys. 3. Oscylogramy impulsów prądu rozładowania



Rys. 4. Zależność przenikalności μ od przyłożonego pola magnetycznego H

Oporność dławika jest zależna od amplitudy i czasu trwania impulsu przepływającego przez niego prądu. Ta właści-

wość dławika ma ogromne znaczenie w opisywanym układzie z LC. Przede wszystkim zapewnia to trwałość działania układu, gdyż w czasie działania impulsu taktowego /rzędu 3 μ s/, dławik nie zdąży się nasycić, jego oporność indukcyjna pozostaje duża, prąd zaś rozładowania - minimalny /rys. 3/. Dopiero po zakończeniu działania impulsu taktowego zaczyna się proces rozładowania kondensatora przez dławik, który przy tym zostaje nasycony. Oporność indukcyjna dławika zmniejsza się, zwiększa się natomiast prąd /rys. 3/, który powoduje przemagnesowanie następnego rdzenia w stan "1". Aby zapobiec szkodliwemu sprzężeniu zwrotnemu z uzwojeniem wyjściowym rdzenia, w układ włączono diodę D_2 /rys. 5/. Ponadto dławik znacznie zmniejsza zakłócenia od powrotnego prądu informacji, które występują na wejściowym uzwojeniu rdzenia w czasie jego odczytu. Wówczas, ze względu na niewielką wartość impulsu prądu, dławik przedstawia sobą małą oporność.



Rys. 5. Jednotaktowy układ z obwodem LC

W porównaniu z układem RC, w układzie LC uzyskano duże korzyści ekonomiczne:

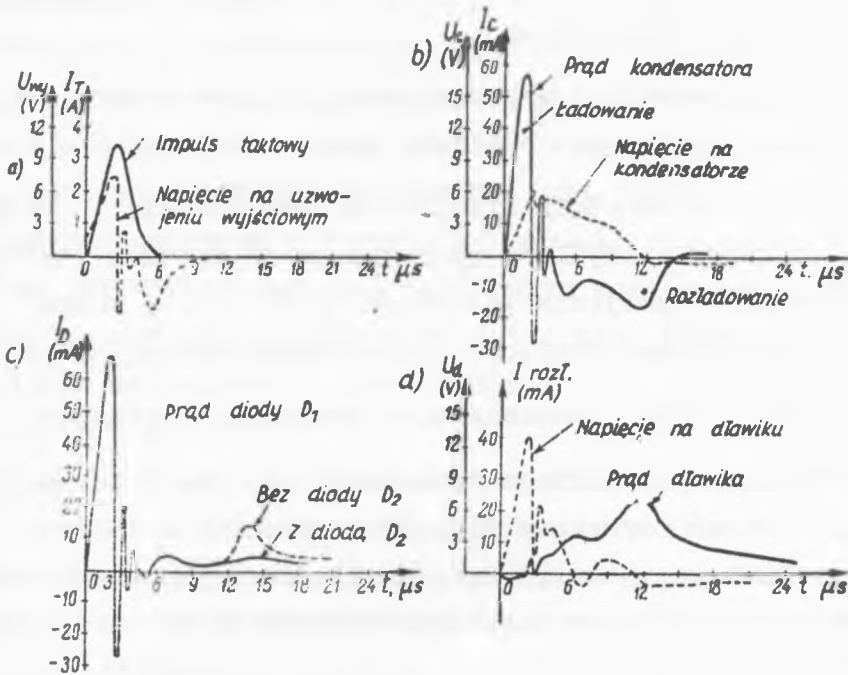
- 1/ zmniejszenie przekroju rdzenia 2,5 + 3 razy, a więc dalsze zmniejszenie wymaganej mocy,
- 2/ przy odpowiednio niewielkiej amplitudzie prądu taktowych impulsów zmniejszono do minimum liczbę zwojów uzwojenia taktowego do $W_0 = 1$; a zatem zmniejszono napięcie z generatora zasilającego,
- 3/ zastosowano kondensator o mniejszej pojemności.

Optymalne dane układu pokazanego na rys. 5 są następujące: rdzeń ferrytowy typu PP-2: 4 x 2,5 x 15 mm / $d_{sr} = 3,25$ mm, $h = 1,5$ mm/; na dławik zastosowano pierścieniowy rdzeń ferrytowy typu NC-2500 /albo oxyfer 2000/ o wymiarach 7 x 4 x 2 mm / $d_{sr} = 5,5$ mm, $h = 2$ mm/; pojemność kondensatora $C = 20000$ pF. Jako diod użyto prostowników selenowych typu WS-7,2.

Dany układ pracuje stabilnie przy zasilaniu impulsami taktowymi o amplitudzie impulsu $I_T = 3 + 4$ A, częstotliwości powtarzania 10 kHz, nachyleniu przedniego zbocza 1 + 3 μ s i szerokości 3 + 5 μ s.

4. BADANIE JEDNOTAKTOWEGO UKŁADU Z OBWODEM LC

Przeprowadzono szereg badań jednotaktowego układu z obwodem LC. Na podstawie otrzymanych oscylogramów /rys. 6/ stwierdzono, że obecność indukcyjności L dławika wpływa zarówno na proces ładowania kondensatora przy odczycie informacji z rdzenia, jak i na proces ładowania kondensatora realizującego zapis w następnym obwodzie.



Rys. 6. Oscylogramy prądów i napięć rejestru

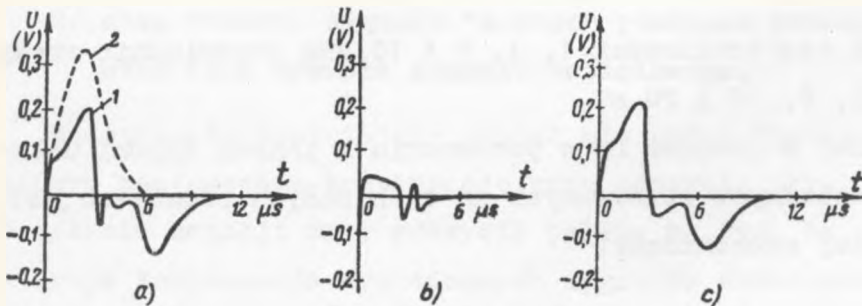
Rozpatrzmy oscylogramy prądów i napięć /rys. 6/ dla układu LC przy jego pracy w pierścieniowym układzie rejestru przesuwnej dającym kod 111. W tym przypadku podczas każdego taktowego impulsu przemagnesowują się wszystkie podstawowe rdzenie i obwód LC przekazuje sygnał "1" do następnego układu. W czasie odczytu w uzwojeniu wyjściowym indukuje się znaczne napięcie /rys. 6a/, w rezultacie czego następuje przepływ prądu przez prostownik D_1 , który ładuje kondensator. Jednakże część prądu odgałęzia się do obwodu prostownika D_2 na skutek jego znacznej pojemności w kierunku zaporowym - /kilka tysięcy pF/.

Jednocześnie rośnie napięcie w kondensatorze /rys. 6b/. Prąd płynący przy odczycie przez prostownik D_1 przepływa w zasadzie przez kondensator, a tylko nieznaczna jego część odgałęzia się do obwodu dławika i wejściowego uzwojenia następnego rdzenia /rys. 6d/.

Przemagnesowanie rdzenia kończy się po czasie około $3 \mu s$, po czym w obwodzie wyjściowym występują szybko gasnące drgania o częstotliwości 1 MHz . Drgania te są zależne od pojemności prostownika D_1 i indukcyjności uzwojenia W_2 .

Wzrost oporności uzwojenia wejściowego, rys. 6b i 6d, w rezultacie przemagnesowania rdzenia w stan "1", objawia się zmniejszeniem prądu rozładowania kondensatora i odpowiednio prądu w obwodzie dławika. Można to zaobserwować po upływie $8 \mu s$.

W celu określenia potrzebnej mocy z generatora impulsów taktowych do wysterowania następnego układu zrobiono szereg pomiarów pokazanych na rys. 7.



Rys. 7. Charakterystyki $U = f/t$

Z pomiarów tych wynika, że maksymalna moc impulsu taktowego na jednej parze rdzeni /podstawowym i kompensacyjnym/ wynosi:

$$P_{\max} = U_m I_T = 0,2 \cdot 3,3 = 0,66 \text{ VA}$$

Jeżeli w przybliżeniu przyjąć czas działania taktowego impulsu 3 μs , to energia tracona w celu zadziałania jednego układu na jeden takt wynosi:

$$A = P_{\max} \cdot T_{\text{śr}} = 0,66 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ joule}$$

Na rysunku 7a linia ciągła oznacza napięcie na uzwojeniu taktowym rdzenia podstawowego, linią zaś przerywaną wykreślono impuls prądowy $I_T = 3,3 \text{ A/}$.

Rysunek 7b przedstawia przebieg napięcia na taktowym uzwojeniu rdzenia kompensacyjnego, a rys. 7c - przebieg napięcia na uzwojeniach taktowych rdzeni podstawowego i kompensacyjnego.

Średnia moc potrzebna dla jednej komórki zależna jest od częstotliwości powtarzania impulsów:

$$P_{\text{śr}} = A \cdot f \cdot W$$

Dla częstotliwości 1, 3, 5 i 10 kHz odpowiednio otrzymamy 2, 6, 10 i 20 mW.

Układ z obwodem LC w porównaniu z innymi typami układów logicznych zbudowanych na tych samych rdzeniach jest bardziej ekonomiczny.

5. ELEMENT "ZAKAZU"

Omówiony powyżej układ podstawowy LC może być użyty bezpośrednio do budowy różnych układów, dokonujących elementarnych i bardzo złożonych operacji logicznych. Jednakże podstawowym obwodem logicznym jest element "zakazu", na podstawie którego można zbudować inne układy logiczne, jak np.: inwerter, układ koniunkcji, układ "albo", przerzutnik dynamiczny itp.

Operacja "nie" /zakazu/ polega na tym, że sygnał wyjściowy pojawia się wówczas, gdy nie ma sygnału zaprzeczenia i odwrotnie.

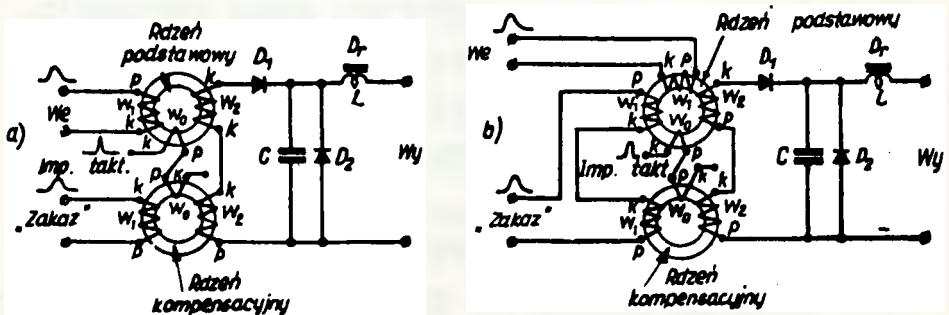
Ogólnie przyjęty sposób zbudowania układu "zakazu" na rdzeniach o prostokątnej pętli histerezy jest następujący: rdzeń zawiera dwa uzwojenia wejściowe i "zakazu" nawinięte w przeciwnym kierunku. Jasne jest, że jeżeli wystąpią jednocześnie sygnały na obu uzwojeniach - zniosą się. Sposób ten zwany kompensacją przy zapisie zawiera jednak szereg niedomagań:

- 1/ wymagane jest, aby sygnał negacji tworzył pole równe lub większe od pola wejściowego sygnału,
- 2/ czas trwania sygnału "zakazu" powinien przewyższać czas trwania sygnału wejściowego.

Znacznie korzystniejszy okazał się układ "zakazu", w którym zastosowano kompensację przy odczycie /rys. 8a/. Działanie negacji przy odczycie polega na tym, że występuje kompensacja wychodzących sygnałów zaindukowanych w uzwojeniach wyjściowych W_2 rdzenia podstawowe-

go i kompensacyjnego, analogicznie jak przy kompensacji zakłóceń, powstających w momencie odczytu zera na tych samych rdzeniach.

Rozpatrzmy pracę podstawowego układu z kompensacją przy odczycie, przedstawionego na rys. 8a.



Rys. 8. Inwerter a/ z kompensacją przy odczycie, b/ z dzielonym uzwojeniem zakazu

Uzwojenia wyjściowe w odniesieniu do taktowych są włączone przeciwnie. Jeżeli założymy, że impuls taktowy namagnesuje oba rdzenie w stan "0", to oczywiste jest, że wyjściowy sygnał przemagnesuje rdzeń podstawowy w stan "1", a nadejście sygnału negacji doprowadza do stanu "1" rdzeń kompensacyjny.

Przy braku obu sygnałów wejściowego i negacji, oba rdzenie przy każdym impulsie taktowym nie przemagnesowują się. Indukcja zmienia się od $/-Br/$ do $/Bm/$ i z powrotem do $/-Br/$.

Powstające na uzwojeniach W zakłócenia są kompensowane /kompensacja "0"/ i prąd na wyjściu jest bliski zera.

Jeżeli natomiast tylko na wejściu pojawi się impuls, wówczas na wyjściu pojawi się spory impuls odpowiadający różnicy pomiędzy sygnałem odczytanym z rdzenia podstawowego a sygnałem zakłócenia z rdzenia kompensacyjnego. Gdy jednocześnie pojawią się sygnały wejściowy i negacji, to przy kolejnym impulsie taktowym oba rdzenie przemagnesują się i nastąpi kompensacja sygnałów indukowanych na uzwojeniach wyjściowych /kompensacja "1"/. Sygnał wyjściowy będzie przy tym bardzo mały, równy różnicy pomiędzy sygnałami wywołanymi przez rdzeń podstawowy i kompensacyjny. Jeżeli wreszcie pojawi się tylko sygnał negacji, przemagnesowany zostanie w stan "1" tylko rdzeń kompensacyjny, na którym podczas kolejnego impulsu taktowego zaindukuje się znaczne napięcie. Przepływowi prądu przez uzwojenie rdzenia kompensacyjnego przeszkadza jednak prostownik D_1 . Dlatego też kondensator nie ładuje się i brak jest sygnału wyjściowego.

Niekorzystną właściwością tego układu jest to, że w czasie przemagnesowania z "0" do "1" rdzenia kompensacyjnego przez prąd jednego sygnału negacji, na uzwojeniu W_2 rdzenia podstawowego powstaje napięcie zgodne z kierunkiem przepuszczania diody D_1 . Jest to spowodowane prądem zakłócenia zamykającym się przez obciążenie.

Badania eksperymentalne wykazały, że powstający w obciążeniu prąd zakłóceń jest nieznaczny dzięki temu, że:

- 1/ sygnał wejściowy wytwarza niewielkie natężenie pola, a nachylenie jego przedniej krawędzi jest wielokrotnie mniejsze od nachylenia przedniej krawędzi impulsu taktowego,

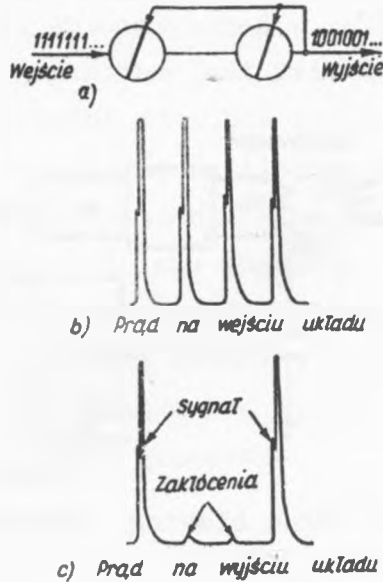
2/ szeregowo z cewką wyjściową rdzenia kompensacyjnego włączana jest cewka W_2 rdzenia podstawowego, który poprzednim taktowym impulsem był wprowadzony w stan "0". Prąd zakłócenia wywołany przez wyjściowe uzwojenie rdzenia kompensacyjnego dąży do przemagnesowania rdzenia podstawowego w stan "1".

W związku z tym uzwojenie W_2 rdzenia podstawowego posiada wysoką oporność indukcyjną, a co za tym idzie przeciwstawia się powstawaniu prądu w wyjściowym obwodzie,

3/ zarówno prostownik D_1 jak i dławik D_r są elementami nieliniowymi, oporność których znacznie się zwiększa dla słabych prądów, na skutek czego następuje dalsze osłabienie prądu zakłóceń w wyjściowym obwodzie. Praktycznie amplituda zakłóceń przy działaniu jednego sygnału "zakazu" jest 7 do 10 razy mniejsza od sygnału. To zakłócenie może być usunięte, jeżeli szeregowo z uzwojeniem "zakazu" włączyć takie samo uzwojenie na rdzeń podstawowy /rys. 8b/.

Na rysunku 9 przedstawiono oscylogramy charakteryzujące pracę opisanego elementu "zakazu" przykładowo w układzie zmieniającym kod /dzielenie częstotliwości na trzy/. Układ ten zawiera dwa elementy "zakazu", połączone w sposób pokazany na rys. 9a. Na wejście podaje się ciągłą serię "jedynek"/rys. 9b/. Na wyjściu układu pojawia się każdy trzeci sygnał, a dwa sygnały w odstępie zakazu/rys. 9c/. Jak to widać z ostatniego oscylogramu,

zakłócenia odpowiadające stanowi "0" są nieznaczne, ich amplituda nie przekracza 5% podstawowego sygnału.



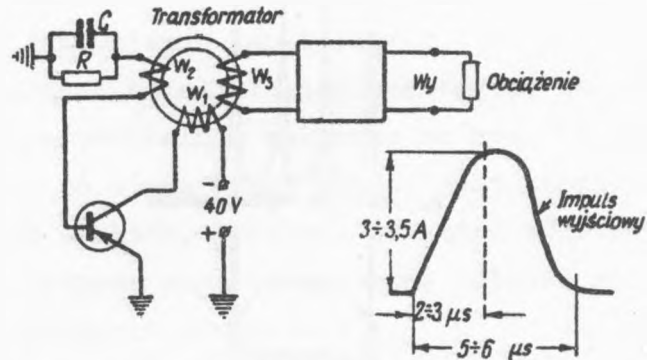
Rys. 9. Oscylogramy prądów i napięć elementu "zakazu"

6. ŹRÓDŁA IMPULSÓW TAKTOWYCH

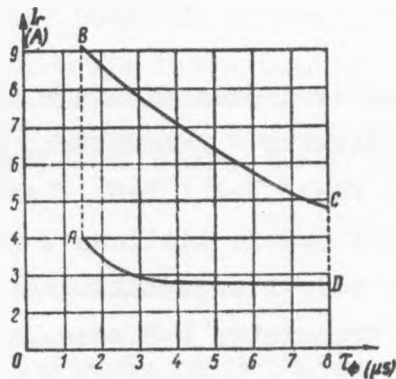
W charakterze źródła impulsów taktowych można zastosować układ blokujący - generatora, zbudowany na tranzystorach P-3, / Π -3/ P-4 i P-8. Liczba podstawowych układów, które mogą być pewnie zasilane z jednego tranzystora, zależy od jego mocy i częstotliwości powtarzania impulsów. Na przykład tranzystor P-8 pozwala zasilać 200 podstawowych układów przy częstotliwości pracy $f = 3$ kHz, a przy $f = 8$ kHz do 100 układów.

Na rysunku 10 przedstawiono prosty układ blokujący - ge-

neratora zbudowanego na triodzie P-8 i rdzeniu ferrytowym NC-2500 / $d_{sr} = 2,5 \text{ cm}$, $S = 0,75 \text{ cm}^2$ /. Dla $f = 3 \text{ kHz}$, $C = 0,2 + 0,25 \text{ }\mu\text{F}$, a dla $f = 8 \text{ kHz}$, $C = 0,12 + 0,13 \text{ }\mu\text{F}$, oporność $R = 400 \text{ }\Omega$.



Rys. 10. Układ blocking - generatora



Rys. 11. Eksperymentalny wykres stałości działania układu LC

Układ formujący impulsy buduje się ze specjalnie dobranych elementów, dopasowanych do obciążenia. Jako źródło energii wykorzystuje się stacijną baterię akumulatorów centrali automatycznej o napięciu 48 lub 60 V.

Istotnym zagadnieniem jest działanie urządzeń magnetycznych w zależności od wahań amplitudy i czasu trwania impulsów generatorów zasilających.

Wykres stałości działania jednotaktowego układu IC otrzymany eksperymentalnie pokazano na rys. 11. Z wykresu widzimy, że stała praca układu jest zabezpieczona dla wszystkich punktów, leżących wewnątrz obszaru ABCD. Na podstawie wykresu mogą być wybrane robocze parametry impulsów zasilających generator.

621.395.12

621.318.122:538.23

ELEMENTY MAGNETYCZNE, LOGICZNE, PRZERZUTNIKOWE
I WZMACNIAJĄCE NA FERRYTACH O PROSTOKĄTNEJ
PĘTLI HISTEREZY

Praca zbiorowa. "Magnitnyje reszajuszczyje tri-gierrnyje i usilitielnyje elementy na fierri-tach s priamougolnoj pietlej gistierezisa" Nauczno - Techniczeskij biulletien. Nr 1/1958, str. 20-40.

1. WSTĘP

Do budowy układów i systemów łączenia automatycznego oprócz podstawowego elementu opisanego w artykule pt. "Jednotaktowy układ łączeniowy z pośredniczącym obwodem LC na ferrytach o prostokątnej pętli histerezy", koniecz-

ne jest posiadanie elementarnych układów logicznych i przerzutnikowych,

W artykule niniejszym zostaną omówione podstawowe układy, za pomocą których można sterować skomplikowane układy logiczne i pamięciowe centrali automatycznej.

2. UKŁADY ROZGAŁĘZIONE I ZBIORCZE

Tworzenie układów rozgałęzionych i zbiorczych nie nastręcza zasadniczych trudności. Do zbudowania układu rozgałęzionego potrzebny jest układ podstawowy z obwo- dem LC, posiadający wystarczającą moc do uruchomienia trzech elementów. Przy konieczności sterowania większej liczby układów elementarnych należy stosować układ o większej mocy /Pu/, który może zasilić pięć układów podstawowych lub też jeszcze większej mocy układ /M/ przemagnesowujący dziesięć obwodów wejściowych.

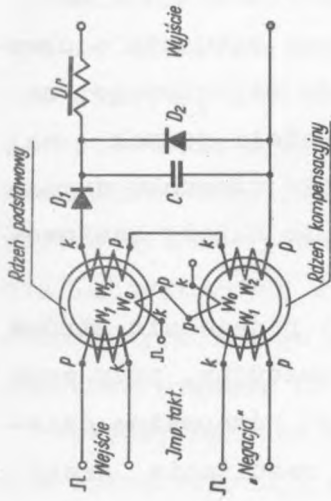
Przy budowaniu układów zbiorczych ważne jest wzajemne łączenie obwodów. W tym celu dla każdego układu przewidziane są oddzielne uzwojenia wejściowe.

3. UKŁAD SPEŁNIAJĄCY FUNKCJĘ LOGICZNĄ "NIE"

Na rysunku 1a pokazano układ "zakazu", który został szczegółowo omówiony w pierwszym artykule.

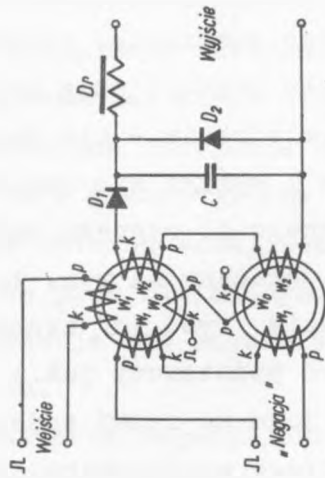
Projektanci tego układu, poza znanymi nam już badaniami, przeprowadzili szereg następnych. Badania te wykazały, że w układzie "zakazu" występują zakłócenia na skutek dużej pojemności diody D_1 w kierunku zaporowym.

a)



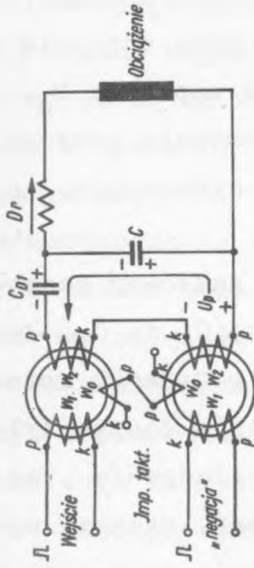
obwód podstawowy z kompensacją przy odczycie

c)



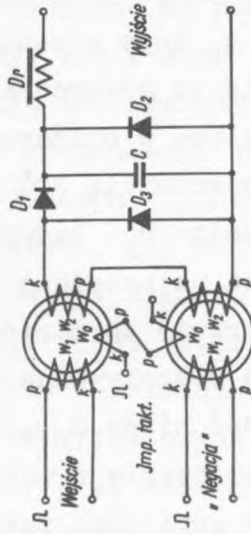
obwód z kompensacją zakłóceń za pomocą dodatkowego uzwojenia

b)



schemat równoważny, objaśniający występowanie zakłóceń

d)



obwód z kompensacją zakłóceń za pomocą dodatkowej diody

rys. 1. Obwody spełniające funkcję logiczną "nie"-negacji

Jeżeli sygnał pojawi się tylko na dolnym rdzeniu /rys. 1b/ i przemagnesuje go do stanu "1", to przy odczycie na uzwojeniu W_2 tego rdzenia zaindukuje się napięcie U_p .

Napięcie to sprowadza do obszaru zaporowego prostownik D_1 , który w obszarze zaporowym charakteryzuje się znaczną pojemnością 3000 pF i więcej.

Kondensator D_1 ładuje się napięciem zakłóceń szeregowo z dużą pojemnością C . Ponieważ $C_{D1} \ll C$, to C_{D1} ładuje się prawie do napięcia U_p . W takim przypadku można uważać, że rozpatrywane napięcie zakłócenia ładuje tylko pojemność diody C_{D1} , która później rozładowuje się poprzez obciążenie wywołując prąd zakłóceń. Badania wykazały, że amplituda zakłóceń na obciążeniu jest 5-10-krotnie mniejsza od użytecznego sygnału w zależności od amplitudy i stromości przedniego zbocza taktowych impulsów a także od wielkości obciążenia.

W wielu przypadkach rozpatrywane zakłócenia nie mają praktycznego znaczenia, ponieważ opisana sytuacja - obecność sygnału negacji przy braku sygnału wejściowego na podstawowym rdzeniu - nie występuje. Jeżeli jednak ma to miejsce i wymaga się uzyskania dużego stosunku sygnału użytecznego do sygnału zakłócenia, to należy zastosować układ pokazany na rys. 1c i 1d.

W układzie /rys. 1c/ sygnał negacji podaje się zarówno na rdzeń podstawowy jak i na kompensacyjny, przy czym działanie jego na rdzeń podstawowy jest równoważne działaniu zwykłego wejściowego sygnału, w rezultacie czego rdzeń przechodzi w stan "1". Wywołana s.e.m. w czasie zapisu jak i w czasie odczytu na obu rdzeniach kompensuje się wzajemnie i żaden prąd nie występuje.

Jeżeli jednocześnie z zakazującym sygnałem podaje się sygnał wejściowy na drugie uzwojenie W_1 podstawowego rdzenia, to rdzeń przemagnesuje się w stan "1", bowiem w tym samym kierunku działają oba sygnały. Przy kolejnym impulsie taktowym wystąpi kompensacja sygnałów indukowanych na wyjściowych uzwojeniach. Sygnał wyjściowy z układu może wystąpić tylko wtedy, gdy na rdzeń podstawowy zadziała tylko jeden wejściowy sygnał.

Wadą powyższego układu "negacji" jest to, że wejście daje obciążenie równe dwóm układom. W rozwiązaniu przedstawionym na rys. 1d równolegle do wyjściowych uzwojeń jest włączony prostownik D_3 , który przy odczycie "1" z rdzenia kompensacyjnego opornością swoją bocznikuje obwód dla prądów zakłócających, zmniejszając tym samym prąd ładowania pojemności prostownika D_1 . Dzięki temu zakłócenia na wyjściu znacznie się zmniejszają.

Jednakże w czasie zapisu "1" tylko sygnałem wejściowym zaindukowane napięcie w wyjściowym uzwojeniu wprowadza diodę D_3 w obszar przepuszczania, która z kolei swoją opornością bocznikuje wychodzące uzwojenie W_2 rdzenia podstawowego, co zmniejsza w pewnej mierze sygnał użyteczny. Nie jest to jednak istotną wadą, bowiem badania laboratoryjne wykazały, że przy minimalnym zmniejszeniu wyjściowego sygnału zyskuje się znacznie większy stosunek sygnału do zakłócenia.

Powyżej opisane układy oparte na negacji przy odczycie charakteryzują się małą zależnością pracy od rozrzutu parametrów użytych rdzeni.

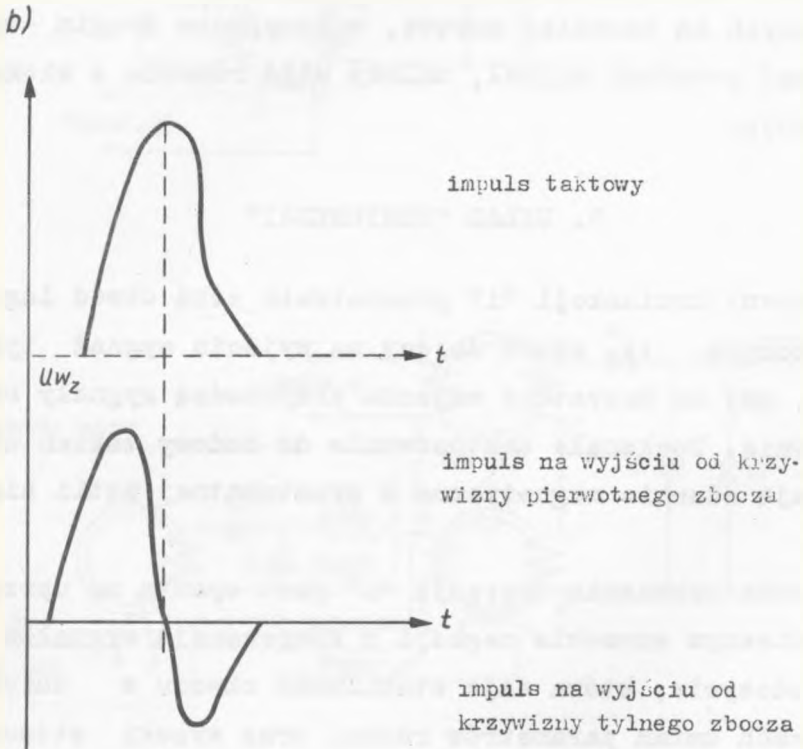
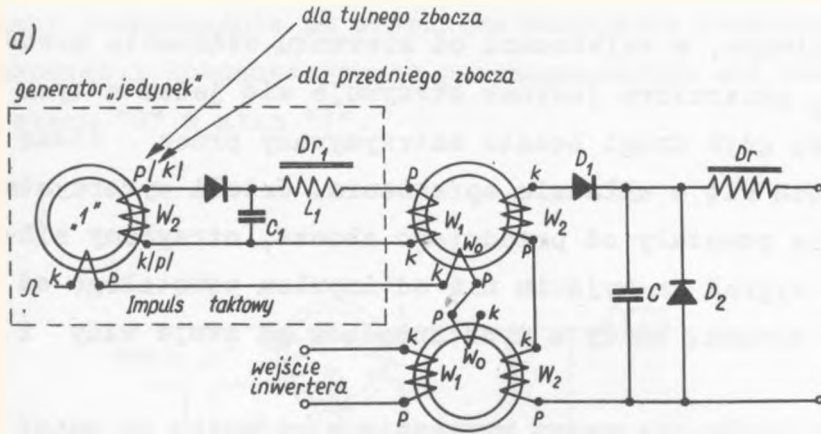
Kompensacja napięć wyjściowych obu rdzeni następuje

niezależnie od amplitud prądów sygnału wejściowego i negacji, o ile tylko każdy z nich pokonuje siłę koercyjną i doprowadza rdzeń do stanu "1". Czas trwania sygnałów wejściowego i negacji może się wahać w bardzo szerokich granicach i nie wpływa na kompensację napięć wyjściowych. Ponadto występująca kompensacja "0" powoduje zmniejszenie wymagań co do współczynnika prostokątności użytego rdzenia.

4. INWERTER

Układ realizujący logiczną operację negacji nazywamy inwerterem. Prosty inwerter, zbudowany na elementach magnetycznych, przedstawiono na rys. 2. Składa się on z elementu negacji oraz generatora jedynek podłączonego do wejścia rdzenia podstawowego.

Generator jedynek przedstawia sobą urządzenie wysyłające bez przerwy sygnały o częstotliwości powtarzania impulsów taktowych. Składa się on z transformatora i obwodu sprzężenia, przy czym wybrano rdzeń z materiału magnetycznego o małym współczynniku prostokątności /mangan, ferryt, cynk/. Dzięki znacznej zmianie indukcji od B_r do B_m i z powrotem, w uzwojeniu wyjściowym indukuje się napięcie, którego kształt jest zależny od kształtu impulsu taktowego. Przednie zbocze impulsu taktowego powoduje zmianę indukcji rdzenia od B_r do B_m , rezultatem czego jest dodatni impuls na wyjściu /rys. 2b/. Tylne zbocze natomiast powoduje przemagnesowanie rdzenia z B_m do B_r , dzięki czemu na wyjściu pojawia się impuls o zna-



rys. 2. Inwerter

a/ obwód inwertera, b/ wykresy impulsów, wyjaśniające działanie generatora „jedynek”

ku przeciwnym, w zależności od kierunku włączenia uzwojenia W_2 generatora jedynek otrzymuje się jeden z tych impulsów, gdyż drugi będzie zatrzymywany przez diodę znajdującą się w układzie sprzężenia. Jeżeli wykorzystamy impuls powstały od przedniego zbocza, otrzymamy silniejszy sygnał na wyjściu niż od impulsu powstałego od tylnego zbocza. Każdy z tych sposobów ma swoje wady i zalety.

W przypadku pierwszym wymagania w stosunku do wahań amplitudy nachylenia przedniego zbocza generatorów zasilających są bardziej surowe, w przypadku drugim - aby otrzymać pożądaną sygnał, należy użyć rdzenia o większym przekroju.

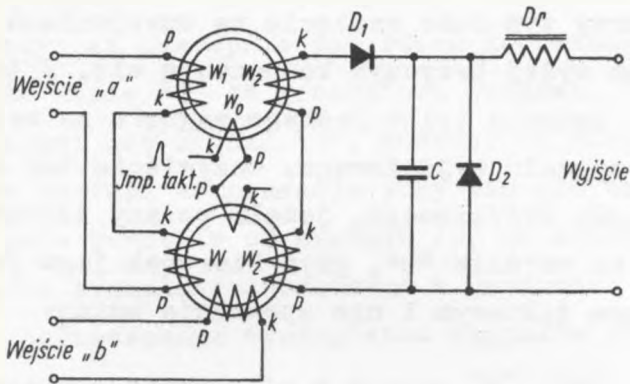
5. UKŁAD "KONIUNKCJI"

Element koniunkcji "i" przedstawia sobą obwód logiczny iloczynu, tj. obwód dający na wyjściu sygnał tylko wtedy, gdy na wszystkie wejścia przychodzą sygnały równocześnie. Doskonale zastosowanie do budowy takich układów mają rdzenie magnetyczne o prostokątnej pętli histerezy.

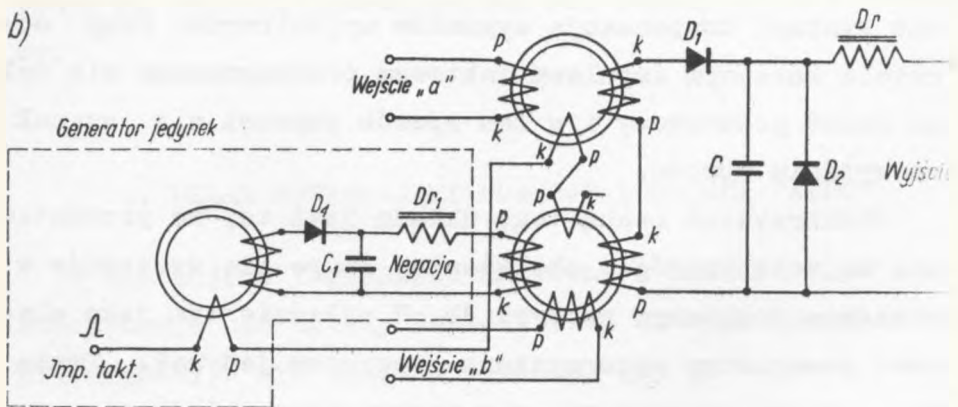
Metoda dokonania operacji "i" jest oparta na uprzednio opisanym sposobie negacji z kompensacją sygnałów przy odczycie, która daje stabilność obwodu w dużych granicach zmian parametrów rdzeni oraz wysoki stosunek sygnału do zakłóceń. Na rysunku 3 przedstawiono dwa obwody koniunkcji zbudowane na tej metodzie. Układ /a/ pracuje w sposób następujący: jeden z sygnałów wejściowych

podany jednocześnie na wejściowe uzwojenie rdzenia podstawowego i kompensacyjnego przemagnesowuje oba rdzenie ze stanu "0" w stan "1".

a)



b)



Rys. 3. Obwody spełniające funkcję logiczną "i" - koniunkcji

W momencie zapisu w uzwojeniach wyjściowych nie pojawiają się prądy, które mogłyby być przyczyną zakłóceń, ponieważ napięcia indukowane we wtórnych uzwojeniach W_2 obu rdzeni są skierowane przeciwnie i wzajemnie się kompensują. Przy odczycie kolejnym impulsem taktowym oba rdzenie z powrotem przemagnesowują się w stan "0", ale wzbudzone przy tym duże napięcia na uzwojeniach W_2 z wyjaśnionych wyżej przyczyn kompensują się. Z tego też powodu przy podaniu tylko jednego sygnału na wejście "a" nie będzie sygnału wyjściowego. Oczywiście tak samo nie będzie sygnału wyjściowego, jeżeli podany zostanie sygnał tylko na wejście "b", gdyż kierunek jego jest zgodny z impulsem taktowym i nie spowoduje zmiany stanu rdzenia.

Natomiast przy jednoczesnym podaniu sygnałów na wejście "a" i "b", rdzeń podstawowy przejdzie w stan "1", a dolny rdzeń pozostanie w stanie "0", gdyż na tym rdzeniu wystąpi kompensacja sygnałów wyjściowych. Przy odczycie kolejnym impulsem taktowym przemagnesuje się tylko rdzeń podstawowy i w ten sposób poprawi się sygnał na wyjściu obwodu.

Niekorzystną cechą tego układu jest to, że przedstawia on sobą podwójne obciążenie, które nie występuje w układzie pokazanym na rys. 3b. W układzie tym jako element pomocniczy wykorzystano generator jedynek. Praca tego układu przedstawia się następująco: kiedy nie ma sygnałów /a/ i /b/, generator jedynek podaje ciągłą serię impulsów, które przemagnesowują rdzeń kompensacyjny w stan "1". W tym przypadku sygnał wyjściowy nie poja-

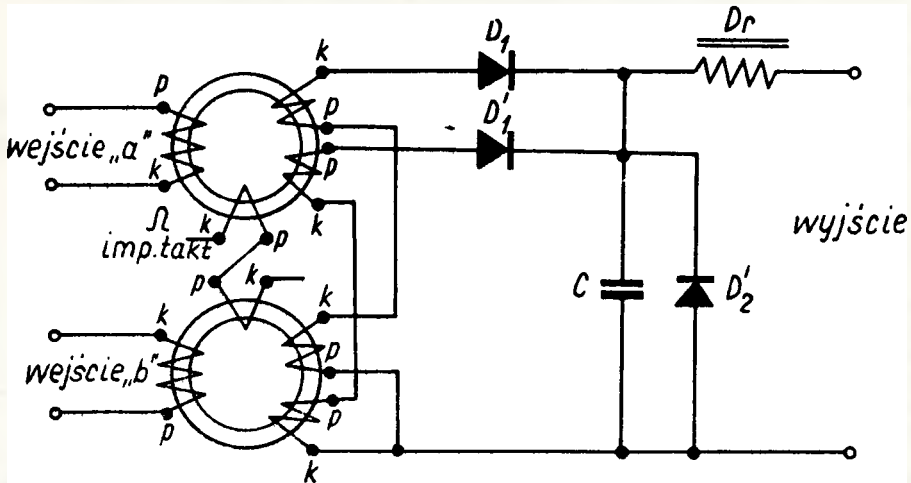
wia się, a zakłócenia są sprowadzane do minimum dzięki włączeniu diody D_3 . Przy pojawieniu się jednego z tych sygnałów, na przykład na wejściu "a", górny rdzeń przemagnesuje się w stan "1".

Sygnał na wyjściu nie pojawi się jednak, ponieważ przy kolejnym impulsie taktowym wystąpi kompensacja "jedynek" przy odczycie; następnie zaś rdzeń kompensacyjny przyjmie także zapis "1" od generatora jedynek. Jeżeli natomiast ^{tylko} pojawi się sygnał "b", wówczas na rdzeniu kompensacyjnym wystąpi kompensacja przy zapisie na skutek tego, że pole powstałe od sygnału /b/ ma kierunek przeciwny do pola sygnału dochodzącego z generatora "jedynek".

Przy jednoczesnym wystąpieniu sygnałów /a/ i /b/ rdzeń kompensacyjny pozostanie w stanie "0" /jak w poprzednim przypadku/, natomiast rdzeń główny przemagnesuje się w stan "1", w rezultacie czego przy kolejnym impulsie taktowym na wyjściu obwodu pojawi się zwykły sygnał wyjściowy.

6. UKŁAD SPEŁNIAJĄCY FUNKCJĘ LOGICZNĄ "ALBO"

W operacjach logicznych na równi z układem "lub" często stosuje się układy "albo", tzn. na wyjściu pojawiają się sygnały w tym tylko przypadku, gdy na wejściu działają sygnały albo a albo b, ale nie równocześnie a i b. Obwód spełniający taką funkcję jest kombinacją obwodów "lub" i "nie". Układ taki pokazano na rys. 4. Jest on oparty na kompensacji przy odczycie i zawiera tylko dwa rdzenie: podstawowy i kompensacyjny.



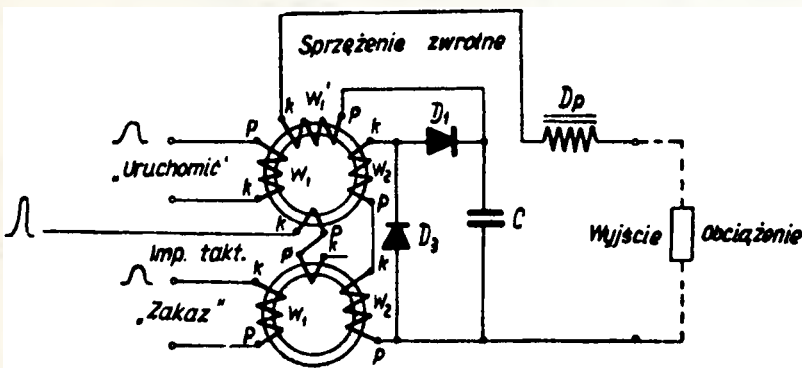
Rys. 4. Obwód spełniający funkcję logiczną "albo"

Każdy z tych rdzeni ma dwa jednakowe wyjściowe uzwojenia W_2 i W_2' . Uzwojenia W_2 obu rdzeni są połączone szeregowo ze sobą i przeciwnie do uzwojenia impulsów taktowych. Jeżeli górny rdzeń będzie w stanie "1", przy odczycie kolejnym impulsem taktowym kondensator C będzie ładował się przez diodę D_1 . Uzwojenia W_2' obu rdzeni są także włączone szeregowo, lecz kierunek ich włączenia jest odwrotny w stosunku do odpowiednich uzwojeń W_2 . Dlatego też przy odczycie "1" z rdzenia podstawowego dioda D_1 nie przepuszcza; jeżeli jednak w stanie "1" włączony będzie rdzeń kompensacyjny, dioda D_1 będzie przy odczycie przepuszczać i kondensator C naładuje się. Tym sposobem układ spełnia pożądaną funkcję albo "a" bez "b", albo "b" bez "a".

7. PRZERZUTNIK DYNAMICZNY "PD"

Aby zbudować układ sterujący z możliwością zapamiętania sygnału, analogiczny do pracy przekaźnika z własnym przytrzymaniem, wystarczy wprowadzić do podstawowego układu LC dodatnie sprzężenie zwrotne. Otrzymamy w ten sposób układ pierścieniowy, w którym informacja raz wprowadzona nieprzerwanie krąży w koło. Układ taki nazywa się przerzutnikiem dynamicznym "PD".

"PD" posiada dwa wejścia: "uruchamiające" i "zatrzymujące" i w najprostszym przypadku jedno wyjście. Na rysunku 5 przedstawiono zasadniczy układ "PD" zbudowany na zasadzie układu "zakazu" /rys. 1/. W celu zwiększenia czułości dla wejściowych sygnałów, a także znacznego powiększenia zakresu stabilnej pracy zastosowano sprzężenie zwrotne zewnętrzne i wewnętrzne. Zewnętrzne sprzężenie zwrotne za pomocą dodatkowego uzwojenia W_1' , wewnętrzne zaś sprzężenie zwrotne tworzy prąd reakcyjny dławika płynący przez uzwojenie W_2 górnego rdzenia.



Rys. 5. Przerzutnik dynamiczny "PD"

Praca przerzutnika dynamicznego polega na tym, że kondensator C rozładowując się przez obciążenie i szeregowo z nim włączone uzwojenie W_1' powoduje jednocześnie powstanie sygnału wyjściowego i przemagnesowanie górnego rdzenia w stan "1". Następny impuls taktowy przemagnesowuje górny rdzeń w stan "0" i ładuje kondensator, który z powrotem przemagnesuje ten rdzeń w stan "1" itd. Tym sposobem wystarczy przyłożyć tylko jeden impuls na wejście "uruchamiające", aby na wyjściu sygnał wychodził tak długo, aż cyrkulacja zostanie przerwana przez podanie specjalnego zakazującego sygnału.

W celu sprawdzenia stabilności pracy "PD" przeprowadzono doświadczenia zasilając przerzutnik 5 μ sekundowym impulsem taktowym o nachyleniu przedniego zbocza $0,45 \mu\text{s}/\text{A}$.

Otrzymane wyniki podano w tablicy 1, przy czym przyjęto następujące oznaczenia:

I_T^I - amplituda impulsu prądu taktowego /w amperach/, przy której "PD" wzbudza się bez podania sygnału uruchamiającego.

I_T^{II} - amplituda impulsu prądu taktowego /w amperach/, przy której cyrkulacja zostaje przerwana.

T a b l i c a 1

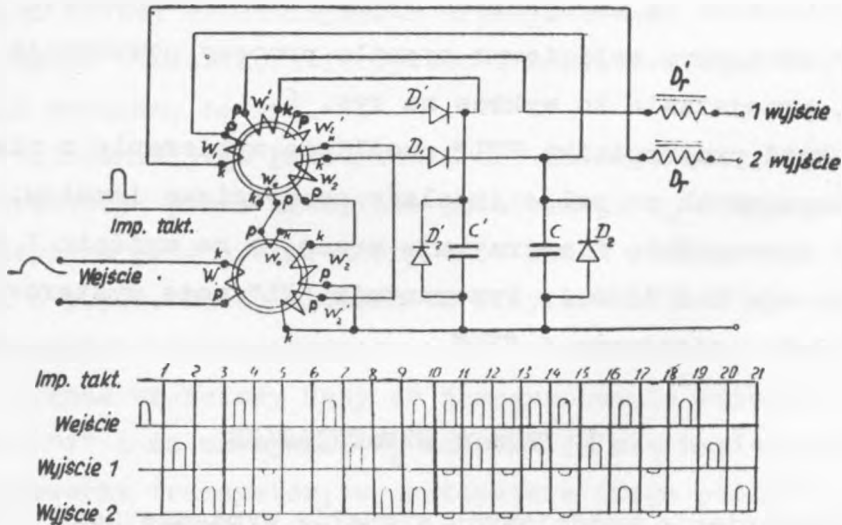
f=2 kHz		f=3 kHz		f=4 kHz		f=5 kHz		f=6 kHz		Przerzutnik obciążony dwoma podstawowymi układami
I_T^I	I_T^{II}	I_T^I	I_T^{II}	I_T^I	I_T^{II}	I_T^I	I_T^{II}	I_T^I	I_T^{II}	
5,4	2,6	5,1	2,5	4,8	2,5	4,4	2,5	4,2	2,5	

Z tablicy 1 wynika, że zakres stabilnej pracy jest dostatecznie szeroki. Zmniejszenie się zakresu stabilności wraz ze wzrostem częstotliwości może być wyjaśnione powiększeniem się prądu reakcji dławika, a więc wzmocnieniem sprzężenia zwrotnego.

8. PRZERZUTNIK "LICZĄCY" Z JEDNYM WEJŚCIEM /PL/

W technice łączenia potrzebny jest często przerzutnik z jednym wejściem, który zlicza przychodzące impulsy. Układ taki nazywa się przerzutnikiem "liczącym" i ma odpowiednie zastosowanie do liczenia w systemie dwójkowym.

Na rysunku 6 przedstawiono przerzutnik liczący "PL", zbudowany ze znanych nam układów "albo" i "PD".



Rys. 6. Przerzutnik liczący "PL"

Przerzutnik "PL" zawiera jedną parę rdzeni i dwa przeciwne obwody z dwoma niezależnymi wyjściami 1 i 2. Wyjście 1 daje pojedyncze impulsy odpowiadające każdemu nieparzystemu przełączeniu przerzutnika /tzn. ze stanu "0" w "1"/, wyjście zaś 2 wydaje serię impulsów. Praca przerzutnika "PL" przedstawia się następująco: sygnał wejściowy magnesuje dolny rdzeń w stan "1", po czym w czasie odczytu impulsów taktowym wystąpi pojedynczy impuls na wyjściu "1" i jednocześnie przez sprzężenie zwrotne z górnym rdzeniem namagnesuje go. Podczas następnego odczytu wychodzi impuls na wyjściu 2 /z górnego rdzenia/. Dalsza praca odbywa się analogicznie jak w układzie "PD". Wystąpienie następnego impulsu wejściowego spowoduje przerwanie cyrkulacji; impuls namagnesuje bowiem dolny rdzeń w stan "1". Przy kolejnym impulsie odczytującym oba rdzenie przemagnesowują się, a sygnały zaindukowane na uzwojeniach wyjściowych skompensują się. Przy następnym wejściowym sygnale procesy powtarzają się, przedstawia to wykres na rys. 6.

Układ przerzutnika "PL" umożliwia wybieranie z ciągu następujących po sobie impulsów co drugiego impulsu. Przy tym wyjście 2 zatrzymuje pracę, a na wyjściu 1 pojawia się kod 1010... Przerzutnik "PL" możeysterować 3 układy podstawowe i "PD".

9. UKŁADY WZMACNIAJĄCE

Wzmacnianie wejściowych sygnałów wymagane jest dlaysterowania układów licznieszych niż trzy albo w celu uruchomienia np. przekaźników elektromagnetycznych.

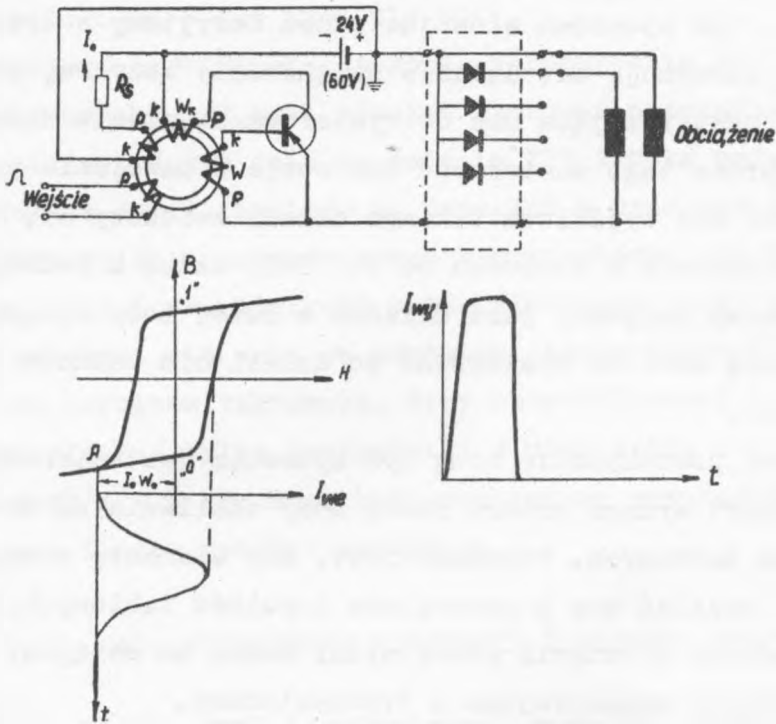
Można uzyskać zwiększenie mocy podstawowego układu w drodze zwiększenia powierzchni poprzecznego przekroju rdzenia. Tym sposobem stosując rdzeń ferrytowy o średnicy 4 mm otrzymuje się układ o zwiększonej mocy P_u , który posiada wystarczającą moc do wysterowania pięciu układów. Jeżeli prócz tego zastosować dwa zwoje w uzwojeniu taktowym, to moc wyjściowa takiego układu zwiększy się również dwukrotnie w stosunku do P_u . Taki układ z podwójnym wzbudzeniem nazywany jest układem o dużej mocy M , gdyż swoją mocą może on wysterować do dziesięciu układów podstawowych.

Dalsze powiększanie mocy tym sposobem jest nieracjonalne, gdyż wymaga poboru dużej mocy zasilania ze źródeł impulsów taktowych. Pożądane jest, aby elementy wzmacniające zasilać nie z generatora impulsów taktowych, lecz bezpośrednio z baterii stacyjnych. Można to osiągnąć stosując układy wzmacniające z tranzystorami.

Układ wzmacniacza ferrytowo-tranzystorowego "WFT" został pokazany na rys. 7.

Działanie jego przedstawia się następująco: w stanie początkowym przez uzwojenie polaryzacji W_p i oporność R_p przepływa prąd stały, który daje stałą polaryzację rdzenia o p.p.h. nieco większą od siły koercji. W tym stanie tranzystor nie przewodzi.

Sygnał wejściowy dąży do namagnesowania rdzenia w stan "1" i na uzwojeniu W_o zaindukuje się napięcie, które otworzy tranzystor, w następstwie czego popłynie prąd przez obciążenie i uzwojenie kolektora W_k . Zarówno prąd kolektora, jak i wejściowy sygnał dąży do przemagnesowania rdzenia w stan "1".



Rys. 7. Wzmacniacz ferrytowo-tranzystorowy "WFT"

Wobec tego napięcie na uzwojeniu bazy jeszcze bardziej wzrasta i następuje proces analogiczny do formowania impulsu w generatorze samodławnym, w rezultacie czego prąd kolektora wzrasta do znacznej wartości. Ze wzrostem prądu w uzwojeniu W_K rdzeń i tranzystor zostają nasycone i prąd w obwodzie kolektora i w obciążeniu szybko spada do zera. Z chwilą przerwania impulsu wyjściowego pole polaryzujące prądu stałego sprowadza rdzeń w stan początkowy /punkt A/.

Cały ten cykl pracy wzmacniacza "WFT" odbywa się w ciągu przerwy między impulsami taktowymi.

Do budowy wzmacniaczy "WFT" użyto rdzenia typu PP-24, zaś tranzystorów typu P-13 przy zasilaniu ze źródła prądu stałego 24 V lub P2-A dla 60 V.

Wzmacniacz "WFT" może sterować jednocześnie 40 układów podstawowych. WFT może również sterować przekaźniki telefoniczne. W tym celu na wejście WFT trzeba podać nieprzerwaną serię impulsów na przykład z przerzutnika "PD", ponadto wyjście zabocznikować kondensatorem nie mniejszym niż 0,5 μF . Wielkość prądu płynącego przez przekaźnik zwiększa się wraz ze wzrostem częstotliwości powtórzenia impulsów taktowych. Przy częstotliwości 1 - 2 kHz można włączać tylko przekaźniki z niewielkim obciążeniem, zaś przy 4 - 5 kHz mogą być uruchamiane przekaźniki z większą liczbą sprężyn stykowych.

10. PODSTAWOWE WSKAŹNIKI I WARUNKI PRACY

Dane wejściowych i wyjściowych sygnałów, parametry impulsów taktowych, przy których odbywa się normalna praca urządzeń, granice zakresu pracy i szereg innych danych są podane w poniżej zamieszczonej tabelicy 2.

Dane oznaczone ^{x/} odnoszą się do średniej wartości amplitudy prądu impulsów taktowych 3,4 A.

Pozycja 6 - dotyczy mocy impulsu pobranej przez układ w czasie oddawania na wyjściu sygnału "1".

W pozycji 7 podano średnie wartości mocy pobierane z generatorów impulsów taktowych obliczone dla przypadku wydawania z wyjścia układu ciągłej serii sygnałów /kod 111.../.

Ip.	Wskaźniki i warunki pracy	Jednostki	Prosty układ "p"	Układ zakazu "albo"	Układ zainwertera i "ko-niunkcji"	Przerzutnik "PD" i "PL"	Układ zwiększonej mocy "Pu"
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Amplituda sygnału na wejściu	mA	8-40	8-40	8-40	8-40	12-50
2	Czas trwania sygnału wejściowego	s	10-45	10-45	10-45	10-45	15-50
3	Amplituda sygnału wyjściowego przy obciążeniu: jednym układem	mA	25-35 ^x	20-30 ^x	20-30 ^x	10-18 ^x	-
	dwoma układami	"	10-20 ^x	10-18 ^x	10-18 ^x	18-15 ^x	-
	trzema układami	"	10-15 ^x	8-15 ^x	8-15 ^x	-	-
	pięcioma układami	"	-	-	-	-	12-20 ^x
4	Czas trwania sygnałów wyjściowych	psek	20-45 ^x	20-45 ^x	20-45 ^x	20-45 ^x	25-60 ^x
5	Moc impulsu wyjściowego	mVA	60-80	55-75 ^x	55-80 ^x	40-55 ^x	120-160 ^x
6	Moc impulsu pobrana z generat. impuls. taktow.	VA	0,6-0,8	0,6-0,8 ^x	1,2-1,6 ^x	0,6-0,8 ^x	1,2-1,7 ^x

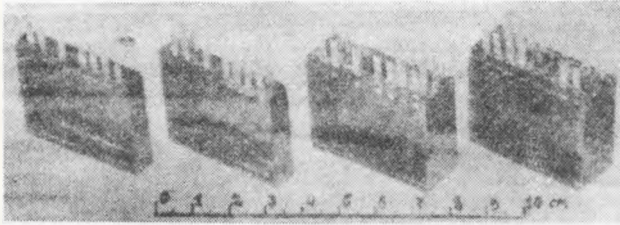
Tablica 2 /c.d./

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Średnia moc pobrana z generat. impuls. taktow. przy $f = 1$ kHz $f = 3$ kHz $f = 5$ kHz	mVA	1,8-2,5 ^x 5,4-7,5 ^x 9,0-12,5 ^x	1,8-2,5 ^x 5,4-7,5 ^x 9,0-12,5 ^x	3,6-5,0 ^x 10-15 ^x 18-25 ^x	1,8-2,5 ^x 5,4-7,5 ^x 9,0-12,5 ^x	3,6-5,3 ^x 11-17 ^x 18-27 ^x
8	Amplituda impuls. taktow.	A	2,6-4,0 ^x	2,6-4,0	2,6-4,0	2,6-4,0	2,6-4,0
9	Czas trwania impuls. takt.	μsek	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6
10	Nachylenie przedniego zbocza impulsów taktow.	μsek/A	0,3-0,6	0,3-0,6	0,3-0,6	0,3-0,6	0,3-0,6
11	Częstotliwość powtarzania impulsów taktowych	kHz	≤ 6	≤ 6	≤ 6	≤ 6	≤ 6
12	Stosunek sygnału do zakłócenia na wyjściu /prądów/	-	≤ 50	15-50	15-20	15-50	50

11. WSKAZÓWKI KONSTRUKCYJNO - MONTAŻOWE

Powyżej opisane układy montowane są w specjalnie do tego celu skonstruowanych obudowach plastikowych. Na rysunku 8 pokazano dwa rodzaje używanych konstrukcji i ich gabaryty. Obudowy te są różnokolorowe, odmienne dla każdego typu układu.

Na jednej ścianie obudowy umocowano łączówki, za pomocą których dokonuje się połączenia zgodnie ze schematem.



Rys. 8. Obudowy plastikowe układów magnetycznych

Elementy, jak: dławiki, prostowniki, kondensatory, są przyklejone specjalnym klejem BF-2 do wewnętrznej ścianki obudowy; natomiast rdzenie: podstawowy i kompensacyjny mocuje się za pomocą przewodu emaliowanego o średnicy 0,9 mm doprowadzającego prąd taktowy.

Końce przewodów taktowych są tak rozmieszczone, aby można było je łatwo lutować, przy składaniu pudełek w bloki.

W razie potrzeby, dowolne pudełko może być wyjęte z bloku i zamienione, czego nie można dokonać przy innej konstrukcji, w której przewód taktowy przechodzi przez szereg układów.

PRZYBLIŻONA METODA PROJEKTOWANIA JEDNOTAKTOWYCH UKŁADÓW FERRYTOWO-DIODOWYCH

K.E. Wołkowickij. K woprosu o rasszcziotie adnotaktnych ferrit-diodnych schiem. Elektroświaż
Nr 3/1961.

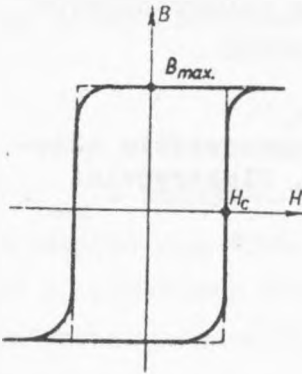
1. WSTĘP

W omawianej pracy rozpatrzono procesy występujące w jednotaktowym obwodzie ferrytowo-diodowym w czasie przemagnesowania rdzenia impulsem taktowym. Wyprowadzono praktyczne wzory umożliwiające projektowanie jednotaktowego układu o dużej sprawności.

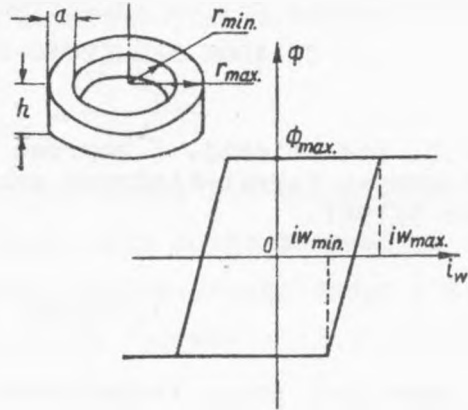
2. APROKSYMACJA PĘTLI HISTEREZY I OKREŚLENIE PARAMETRÓW TOROIDALNEGO RDZENIA

Geometryczne parametry rdzenia ferrytowego zależą nie tylko od parametrów pętli histerezy materiału, ale i od jego wymiarów geometrycznych. Każda gałąź rzeczywistej pętli histerezy może być wyrażona funkcją złożoną, linią prostą pochyłą lub pętlą idealnie prostokątną.

Zakładając w przybliżeniu pętlę histerezy materiału magnetycznego jako idealnie prostokątną /rys. 1/ odpowiednia pętla dla rdzenia toroidalnego będzie miała kształt pokazany na rys. 2.



Rys. 1. Idealna prostokątna pętla histerezy rdzeni ferrytowych



Rys. 2. Rdzeń toroidalny i jego uproszczona pętla histerezy

Nachylenie pętli histerezy danego rdzenia obrazuje jego stopniowe przemagnesowywanie się, od wewnętrznej powierzchni do zewnętrznej, w stan nasycenia. Przemagnesowanie rdzenia zaczyna się wówczas, gdy natężenie pola określone równością $H = \frac{0,4\pi i_w}{l}$ osiąga na wewnętrznej powierzchni rdzenia wielkość H_c , co odpowiada minimalnym amperozwojom:

$$/i_1 w_1/_{\min} = \frac{H_c l_{\min}}{0,4\pi}$$

gdzie

- i_1 - prąd w uzwojeniu magnesującym,
- w_1 - liczba zwojów cewki magnesującej,
- l_{\min} - minimalna długość linii sił magnetycznych,
- H_c - natężenie pola, przy którym występuje przemagnesowywanie rdzenia.

Przemagnesowanie kończy się, gdy natężenie pola osiąga wielkość H_c na zewnętrznej powierzchni rdzenia, co odpowiada pewnym maksymalnym amperozwojom, równym:

$$/i_1 w_1 /_{\max} = \frac{H_c l_{\max}}{0,4 \pi}$$

gdzie l_{\max} - maksymalna długość linii sił magnetycznych.

Posługując się tymi wzorami oraz mając na uwadze, że $l = 2\pi r$, otrzymamy znaczenia prądów początkowego i końcowego przemagnesowania, a także znaczenia różnicy tych prądów:

$$\left. \begin{aligned} i_{\min} &= \frac{5H_c r_{\min}}{w_1} \\ i_{\max} &= \frac{5H_c r_{\max}}{w_1} \\ i_{\max} - i_{\min} &= \frac{5H_c}{w_1} /r_{\max} - r_{\min}/ \end{aligned} \right\} /1/$$

Następnie określimy indukcyjność ferrytowego elementu w czasie przemagnesowania.

Korzystając ze wzoru na indukcję elektromagnetyczną

$$e = - w \frac{d\phi}{dt} 10^{-8} = - L \frac{di}{dt},$$

uwzględniając, że $\phi = B \cdot S$ i zakładając, że indukcja zmienia się od wartości $-B_r$ do $+B_r$ otrzymamy:

$$2w B_r \frac{dS}{dt} 10^{-8} = L \frac{di}{dt}$$

gdzie dS - przyrost powierzchni rdzenia, na której na-

stąpiło przemagnesowanie materiału. Dla prostokątnego przekroju rdzenia toroidalnego $dS = h \cdot dr$, gdzie h - wysokość rdzenia.

Stąd:

$$2w Br h \frac{dr}{dt} 10^{-8} = L \frac{di}{dt} \quad /2/$$

Określmy promień, w zakresie którego następuje przemagnesowanie materiału przy danej wartości prądu.

Ponieważ

$$r = \frac{iw}{5H_c}, \quad \text{to} \quad dr = \frac{w}{5H_c} di.$$

Podstawiając to wyrażenie do /2/, otrzymamy

$$\frac{2w^2 Br h di}{5 H_c dt} 10^{-8} = L \frac{di}{dt}$$

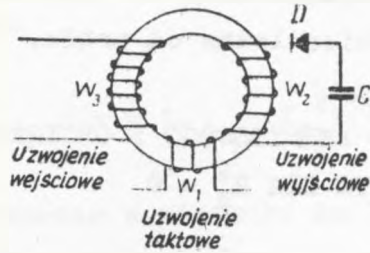
Indukcyjność przemagnesowanego ferrytowego elementu równa się

$$L = \frac{0.4 w^2 Br h}{H_c} 10^{-8} \quad /3/$$

3. SCHEMAT ZASTĘPCZY ELEMENTU FERRYTOWEGO OBCIĄŻONEGO POJEMNOŚCIĄ

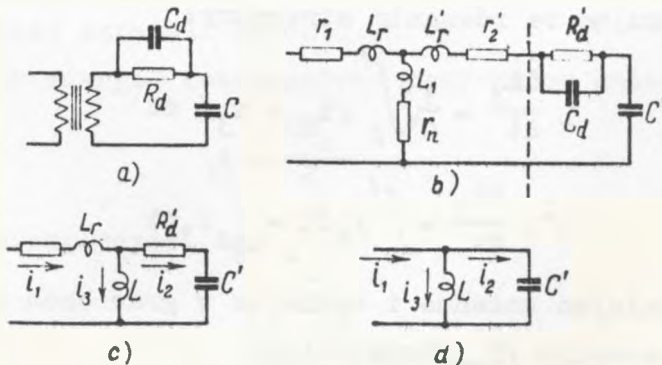
Pełny układ ferrytowego obwodu obciążonego pojemnością jest pokazany na rys. 3, a jego układy zastępcze na rys. 4. Element ferrytowy w czasie przemagnesowania przedstawia sobą transformator /rys. 4a/, dioda zaś - oporność przepuszczania i równoległe podłączoną pojemność. Zamie-

niając transformator przedstawiony na rys. 4a na jego układ zastępczy, otrzymamy rys. 4b.



Rys. 3. Obwód ferrytowy obciążony pojemnością

Jeżeli jako prostownik użyć diodę germanową, wówczas pojemność diody C_d można pominąć. Oporność strat ferrytu r_n jest mała i może być pominięta.



Rys. 4. Układy zastępcze obwodu ferrytowego

Czynną oporność wtórnego uzwojenia r_2 można połączyć z opornością diody R_d , indukcyjność rozproszenia wtórnej cewki przenieść do obwodu pierwotnego /rys. 4c/.

Wówczas

$$R'_d = R_e \frac{w_1^2}{w_2^2}, \quad R_e = R_d + r_2', \quad C' = C \frac{w_2^2}{w_1^2} \quad /4/$$

W czasie przemagnesowania rdzenia wszystkie te wielkości są stałe i niezależne od prądu.

4. PRACA ELEMENTU FERRYTOWEGO Z OBCIĄŻENIEM POJEMNOŚCIOWYM DLA $R'_d = 0$

Rozpatrzmy idealny przypadek rys. 4d. Układ ten określają funkcje następujące:

$$i_1 = i_2 + i_3$$

$$L \frac{di_3}{dt} = U_c = \frac{1}{C'} \int_0^t i_2 dt$$

Rozwiązując te równania otrzymamy:

$$L \frac{di_3}{dt} = \frac{1}{C'} \int_0^t (i_1 - i_3) dt$$

$$C' L \frac{di_3}{dt} = \int_0^t i_1 dt - \int_0^t i_3 dt$$

Rozdzielając zmienne i całkując w granicach czasu przemagnesowania T_{zm} znajdziemy

$$C' L \int_0^{T_{zm}} di_3 = \int_0^{T_{zm}} dt \int_0^t i_1 dt - \int_0^{T_{zm}} dt \int_0^t i_3 dt,$$

ponieważ funkcje $i_1 = f_1/t$ i $i_3 = f_2/t$ są funkcjami

ciągłymi, można zastosować twierdzenie o średniej. Zgodnie z tym twierdzeniem całka określona funkcji równa jest iloczynowi funkcji podcałkowej wziętej w jakimś momencie przejściowym $/\xi/$ przez długość odstępów całkowania.

W naszym przypadku

$$C'L / i_3 \max - i_3 \min / = \frac{1}{2} i_1 / \xi_1 / T_{zm}^2 - \frac{1}{2} i_3 / \xi_1 / T_{zm}^2$$

Rozwiązując to równanie w stosunku do T_{zm} i podstawiając wartości $/i_3 \max - i_3 \min/$ z /1/; C' z /4/; L z /2/ i uwzględniając, że $ah = S$ otrzymamy:

$$T_{zm} = 2w_2 \sqrt{\frac{BSC}{[i_1 / \xi_1 / - i_3 / \xi_1 /] w_1}} = T_i \quad /5/$$

T_{zm} , które jest określone dla idealnego przypadku będziemy poniżej oznaczać przez T_i .

Określimy energię kondensatora przy końcu ładowania

$$A = \frac{CU_c^2}{2}$$

Mając na względzie, że:

$$U_c = \frac{1}{C'} \int_0^t i_2 dt,$$

$$A_c = \frac{C'}{2} \frac{1}{/C'/^2} \left[\int_0^t /i_1 - i_3/ dt \right]^2$$

Stąd postępując analogicznie otrzymamy

$$A_c = \frac{1}{2C} \left[i_{1/\xi_1/} - i_{3/\xi_1/} \right]^2 \frac{w_1^2}{w_2^2} T_{zm}^2 = \frac{i_{2/\xi_1/}^2 w_1^2 T_{zm}^2}{2C w_2^2}$$

Podstawiając T_{zm} z /5/, otrzymamy

$$A_c = 2 i_{2/\xi_1/} w_1 BS, \quad /6/$$

gdzie

$$i_{2/\xi_1/} = i_{1/\xi_1/} - i_{3/\xi_1/}$$

Z otrzymanej zależności widzimy, że:

1. Energia gromadzona w kondensatorze C nie zależy od jego pojemności. Przy zmianie pojemności zmienia się tylko czas przemagnesowania. Należy pamiętać, że jest to słuszne tylko dla przypadku idealnego, gdy nie ma strat, gdy stała czasu obciążenia równa jest zeru, a parametry obwodu wybrane są tak, że czas przemagnesowania jest większy od stałej przekładzania ferrytu.
2. Energia kondensatora jest proporcjonalna do $i_2 w_1$, zatem, biorąc pod uwagę równanie /6/, jest ona proporcjonalna do amperozwojów taktowych $i_1 w_1$.
3. Czas przemagnesowania rdzenia zależy od jego parametrów, wielkości pojemności, liczby zwojów uzwojenia wejściowego i amperozwojów taktowych.

5. PRACA OBWODU FERRYTOWEGO Z OBCIĄŻENIEM POJEMNOSCIO-
WYM PRZY $R_d \neq 0$

Przypadkowi temu odpowiada układ równoważny na rys.4c, który można wyrazić następującymi równaniami:

$$i_1 = i_2 + i_3 ; L \frac{di_3}{dt} = i_2 R_d + \frac{1}{C} \int_0^t i_2 dt$$

Po rozwiązaniu i przekształceniu otrzymujemy:

$$L / i_3 \max - i_3 \min / =$$

$$= R_d \left[i_1 / \xi_1 / - i_3 / \xi_1 / \right] T_{zm} + \frac{1}{2C} \left[i_1 / \xi_2 / - i_3 / \xi_2 / \right] T_{zm}^2$$

Wyrażając stąd T_{zm} i podstawiając w miejsce $i_3 \max - i_3 \min /$ wartość z /1/ otrzymamy:

$$T_{zm} = \sqrt{\frac{4w_2^2 BSC}{\left[i_1 / \xi_2 / - i_3 / \xi_2 / \right] w_1} + /KR_d C /^2 - KR_d C,}$$

gdzie

$$K = \frac{i_1 / \xi_1 / - i_3 / \xi_1 /}{i_1 / \xi_2 / - i_3 / \xi_2 /} \quad /7/$$

Oznaczając $R_d \cdot C = T_z$, i wprowadzając T_i z /5/ mamy

$$T_{zm} = \sqrt{T_i^2 + /K T_z /^2 - K T_z} \quad /8/$$

Energia gromadzona w kondensatorze, tak jak i w idealnym przypadku, równa się:

$$A_c = \frac{CU_c^2}{2} = \frac{i_2^2 T_{zm}^2}{2C'} = \frac{/i_2 w_1 /^2 T_{zm}}{2C w_2^2} \quad /9/$$

sprawność zaś układu:

$$\eta = \frac{A_c}{A_n} = \frac{1}{A_n/A_c}$$

gdzie A_n - energia pobrana przez obwód ładowania z obwodu taktowego. Energia ta zużywa się na naładowanie kondensatora $/A_c/$ i na stratę ciepła na oporności diody $/A_r/$

$$A_n = A_c + A_r ; \quad \eta = \frac{1}{1 + A_r/A_c}$$

Energia tracona na oporności diody równa jest

$$A_r = \int_0^t p \, dt$$

gdzie $p = i_2^2 R_d'$ lub, co oznacza to samo:

$$A_r = i_2^2 / \xi_1 / R_d' T_{zm}$$

Stąd

$$\frac{A_r}{A_c} = \frac{i_2^2 / \xi_1 / R_d' T_{zm}}{\frac{i_2^2 / \xi_1 / T_{zm}^2}{2C'}} = \frac{2 K T_{zm}}{T_{zm}}$$

a co za tym idzie:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{2\pi T_z}{T_{zm}}} \quad /9a/$$

Analizując powyższe wyrażenie dochodzimy do wniosku, że z energetycznego punktu widzenia korzystne jest wybrać:

$$T_{zm} \gg T_z \quad /10/$$

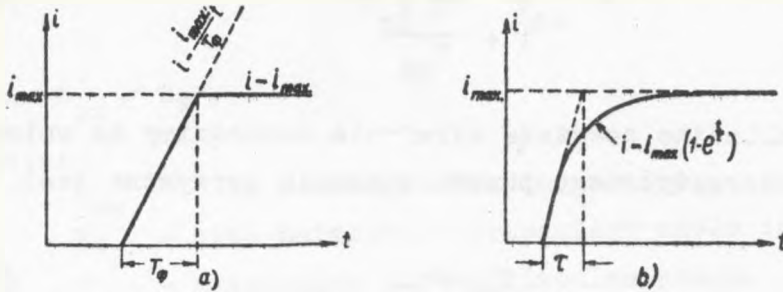
6. OKREŚLENIE WIELKOŚCI K

W toku obliczania parametrów obwodu okazuje się konieczne określenie wielkości K:

$$K = \frac{i_1/\xi_1/ - i_3/\xi_1/}{i_1/\xi_2/ - i_3/\xi_2/} \quad /11/$$

Wchodzące w wyrażenie K wielkości zależą od wartości i kształtu impulsu prądu i_1 , czasu przemagnesowania rdzenia i liczby zwojów uzwojenia taktowego.

W większości przypadków przednie zbocze impulsu można przedstawić w sposób przybliżony przez pochyloną prostą /rys. 5a/ lub krzywą wykładniczą /rys. 5b/. Kształt impulsu prądu przy końcu przemagnesowania nie jest istotny.



Rys. 5. Przednie zbocze impulsu:

- a/ jako pochyłona prosta
b/ jako krzywa wykładnicza

$i_{1/\xi 1}$ określa się wzorem:

$$i_{1/\xi 1} / T_{zm} = \int_0^{T_{zm}} i dt$$

wtedy

$$i_1 = \frac{i_{\max}}{T_{\phi}} t \quad \text{przy } 0 < t < T_{\phi}$$

$$\left. \begin{aligned} i_{1/\xi 1} &= \frac{1}{2} i_{\max} \frac{T_{zm}}{T_{\phi}} \\ i_{1/\xi 2} &= \frac{1}{3} i_{\max} \frac{T_{zm}}{T_{\phi}} \end{aligned} \right\} \quad /12/$$

przy $0 < T_{zm} \leq T_{\phi}$

lub

$$i_{1/\xi 1} = \frac{T_{\phi}}{2T_{zm}} + \frac{T_{zm} - T_{\phi}}{T_{zm}} / i_{\max} \quad /13/$$

$$i_{1/\xi_2/} = \left[\frac{T_\phi^2}{3T_{zm}^2} + \frac{/T_{zm} - T_\phi/^2}{T_{zm}^2} \right] i_{max} \quad /13/$$

przy $T_{zm} \geq T_\phi$,

gdzie:

T_{zm} - czas przemagnesowania toroidu,

T_ϕ - czas narastania przedniego czoła impulsu,

i_{max} - maksymalna wartość impulsu prądu.

Dla drugiego przypadku:

$$i = i_{max} / 1 - e^{-t/\tau_\phi} /$$

$$i_{1/\xi_1/} = i_{max} \left[1 - \frac{T_\phi}{T_{zm}} / 1 - e^{-\frac{T_{zm}}{\tau_\phi} /} \right] \quad /14/$$

$$i_{1/\xi_2/} = i_{max} \left\{ 1 - 2 \frac{\tau_\phi}{T_{zm}} \left[1 - \frac{\tau_\phi}{T_{zm}} / 1 - e^{-\frac{T_{zm}}{\tau_\phi} /} \right] \right\}$$

gdzie τ_ϕ - stała czasu przedniego zbocza impulsu.

Praktycznie $i_{3/\xi_1/}$ i $i_{3/\xi_2/}$ mają następujące wartości przy dowolnym kształcie prądu i_1 .

$$\left. \begin{aligned} i_{3/\xi_1/} &= \frac{5H_c}{w_1} / r_{sr} - \frac{a}{6} / \\ i_{3/\xi_2/} &= \frac{5H_c}{w_1} / r_{sr} - \frac{a}{3} / \end{aligned} \right\} \quad /15/$$

W przypadkach gdy w_1 jest nieznanne lub dla wstępnych obliczeń, można przyjąć:

$$K \cong \frac{i_{1/\xi 1/}}{i_{1/\xi 2/}}$$

co jest słuszne z dokładnością do 10%. Przy jeszcze bardziej orientacyjnych obliczeniach można założyć, że $K = 1,15$, co jest słuszne z dokładnością do 15% przy $T_\phi < T_{zm} < 10 T_\phi$.

7. KOLEJNOŚĆ OBLICZEŃ UKŁADU

Wyjściowymi danymi są: A_0 ; C - określone z obliczenia obwodu rozładowania i względów konstrukcyjnych; R_d - określana typem użytej diody; T_{zm} - wybierane tak, aby była spełniona nierówność /10/; $i_1 = f / t /$ - parametry impulsu prądu określone przez użyte źródło impulsów taktowych.

7.1. Kolejność obliczeń

1. Określamy T_z z równania /7/.
2. Na podstawie danych parametrów impulsu $i_{T_{zm}}$ określamy K ze wzorów /11/ do /15/.
3. Określamy czas idealnego przemagnesowania, rozwiązując /8/ w stosunku do T_i

$$T_i = \sqrt{T_{zm}^2 + 2K T_{zm} T_z}$$

4. Określamy liczbę zwojów w_2 . W tym celu rozwiązujemy równania /8/ i /9/.

$$w_2 = \frac{U_c T_1^2}{4BS T_{zm}}$$

5. Określamy

$$\left[i_{1/\xi} / - i_{3/\xi} / \right] w_1 \quad z /9/$$

$$i_{2/\xi} / w_1 = \frac{CU_c w_z}{T_{zm}}$$

6. Określamy skuteczne amperozwoje uzwojenia pierwotnego

$$i_{1/\xi} / w_1 = i_{2/\xi} / w_1 + 5H_c r_{sr}$$

7. Znając impuls prądu określamy liczbę zwojów uzwojenia taktowego lub znając liczbę zwojów określamy konieczną amplitudę prądu i_{max} z /13/ .

8. Określamy η obwodu dla pracy z obciążeniem pojemnościowym /9a/.

7.2. Przykład obliczenia

Określić elementy obwodu dla danych następujących:

$$A_c = \frac{CU_c^2}{2}, \quad U_c = \sqrt{\frac{2A_c}{C}} = 6 \text{ V},$$

$C = 50000 \text{ pF}$, $R_d = 20 \Omega$, diody D 96, $T_{zm} = 5 \mu\text{s}$.

Czas narastania zbocza taktowego impulsu $2 \mu\text{s}$.

Parametry rdzenia ferrytowego: $B_r = 2400 \text{ Gs}$,

$H_c = 0,4 \text{ Oe}$, $S = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$, $r_{sr} = 0,14 \text{ cm}$.

7.3. Obliczamy kolejno

$$1/ \quad T_z = R_d \cdot C = 1 \mu s$$

$$2/ \quad \text{przyjmujemy } K = 1,15$$

$$3/ \quad T_1 = \sqrt{T_{zm}^2 + 2K T_{zm} T_z} = 6,05 \mu s$$

4/ obliczamy liczbę zwojów

$$w_2 = \frac{U_c T_1^2}{4 B_r S T_{zm}} = 38 \text{ zwojów}$$

przyjmujemy $w_2 = 40$ zwojów

5/ wówczas

$$i_{2/\xi} / w_1 = \frac{C U_c^2 w_2}{T_{zm}} = 2,4 \text{ Azw.}$$

6/ zaś skuteczne amperozwoje uzwojenia pierwotnego /taktowego/

$$i_{1/\xi} / w_1 = i_2 w_1 + 5 H_c r_{sr} = 2,68 \text{ Azw.}$$

7/ przyjmując liczbę zwojów uzwojenia taktowego równą jednemu zwojowi z równania /13/ otrzymamy

$$i_{\max} = 3,32 \text{ A}$$

8/ następnie określimy sprawność ze wzoru /9a/

$$\eta = 0,7.$$

UKŁADY MAGAZYNUJĄCE INFORMACJE

K.R. Wilderspin, B.Sc. /Eng/ "Magnetic Storage Devices". Post Office Telecommunications. Spring 1961, str. 73-78.

1. WSTĘP

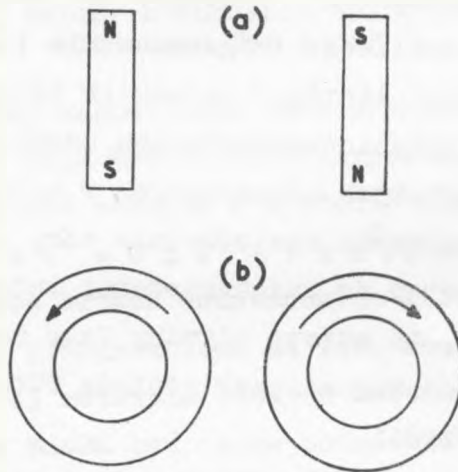
Centrala telefoniczna podobnie jak maszyna licząca musi posiadać możliwość zmagazynowania lub zapamiętania poleceń w postaci liczb. W ostatnich latach zostały odkryte metody statyczno-magnetyczne umożliwiające budowę urządzeń pamięciowych niezawodnych w działaniu o dużej pojemności i mających zastosowanie tam, gdzie wymagany jest szybki dostęp do zmagazynowanej informacji. Jest to o tyle istotne, że często używany jako pamięć o dużej pojemności bęben magnetyczny posiada ruchome, a więc zużywające się części.

W niniejszym artykule opisana jest zasada magazynowania statyczno-magnetycznego, wykorzystywane w tym celu materiały magnetyczne oraz ogólne przeznaczenie i możliwości kilku urządzeń zbudowanych na tej zasadzie.

2. ZASADA

Sztabka magnetyczna może być namagnesowana w dwóch kierunkach, posiadających przeciwną polaryzację /rys.1/ i pozostanie w jednym z tych stanów. Inaczej mówiąc, za-

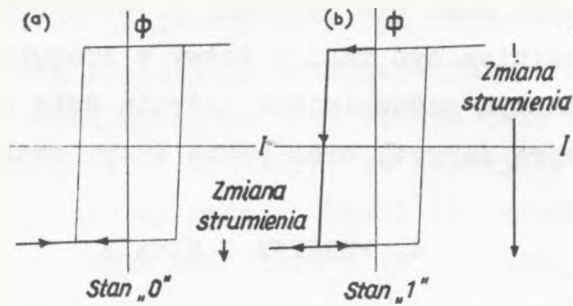
pamiętuje ona kierunek siły magnesującej uprzednio do niej przyłożonej. Ze względu na to, że sztabka magnetyczna posiada wolne bieguny, wymaga dużych sił magnesowania i ma tendencję do samodzielnego rozmagnesowania się. Inaczej zachowuje się zamknięty pierścień magnetyczny, który można namagnesować w kierunku zgodnym lub przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Po odjęciu siły magnesującej zachowa on magnetyzm szczątkowy.



Rys. 1. Magnesowanie: a/ sztabki magnetycznej,
b/ rdzenia toroidalnego

Proces wykrywania zmagazynowanej w pierścieniu informacji nazywa się odczytem.

Jeżeli pole odczytujące posiada kierunek przeciwny do kierunku zawartej w rdzeniu indukcji magnetycznej, to na uzwojeniu wyjściowym zaindukuje się duże napięcie /stan "1"/. Jeżeli pole odczytujące posiada ten sam kierunek, to spowoduje małą zmianę strumienia i małe napięcie wyjściowe /stan "0"/ pod warunkiem, że pętla histerezy tego rdzenia jest prostokątna /rys. 2/.



Rys. 2. Zmiany strumienia magnetycznego dla stanu "0" i "1"

Ponieważ rdzeń magnetyczny jest elementem dwustanowym, informacje mogą być w nim magazynowane w formie binarnej. Na przykład notując w systemie binarnym 5, otrzymamy $101 / t_j . 1 \times 2^2 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^2 /$. Do zanotowania tej liczby trzeba trzech dwustanowych układów. Te dwa stany zazwyczaj przedstawione są jako stan "0" i "1". Jednakże przy tej metodzie odczytu informacja zostaje zmaszana i gdyby miała być znów potrzebna - musi być ponownie zapisana. Jednym ze sposobów odczytu nie niszczącego zapisanej informacji jest zastosowanie transfluktora, który zostanie poniżej opisany.

3. MATERIAŁY

Rdzeń użyty do magnetycznego magazynowania informacji powinien charakteryzować się prostokątną pętlą histerezy, małą siłą koercji i bardzo małym czasem przełączania. Od czynników tych zależy szybkość działania układów liczących.

Niekiedy dla bardzo szybkich maszyn wymaga się odwrócenia strumienia w ciągu części mikrosekundy. Ponadto rdzeń taki musi być wykonany z jednorodnego materiału oraz powinien być tani i łatwy w produkcji. Te wymagania spełniają zadowalająco jedynie dwie grupy materiałów: niektóre ferryty oraz pewne stopy metali.

4. FERRYTY I METALE

Do wielu metod magnetycznego magazynowania informacji używa się ferrytów magnezowo-manganowych. Ferryty są mieszaniną tlenków metali, a więc cechuje ich mały czas przełączania /praktycznie $1 \mu\text{s}$ /, nie ograniczony - jak w metalach z prądami wirowymi. Ponieważ pole magnetyczne potrzebne do przełączania rdzenia pierścieniowego jest proporcjonalne do jego średnicy, rdzenie te produkuje się o małej średnicy rzędu 2 mm.

W Stanach Zjednoczonych AP wyprodukowano nowe ferryty, które zawierają tlenek kadmu. Charakteryzują się one pięciokrotnie szybszym czasem przełączania, lecz nie są przydatne do układów pamięciowych pracujących na zasadzie koincydencji /sumowania/.

Rdzenie z taśmy metalowej w porównaniu z rdzeniami ferrytowymi dają duże wartości wyjściowe, wymagają znacznie mniejszego prądu przełączania przy grubości taśmy przekraczającej 0,025 mm, lecz mają ograniczoną szybkość przełączania przez powstające w nich prądy wirowe. Taśma o grubości $\leq 0,025$ mm wymaga specjalnego zabezpieczenia w postaci obudowy. Tam gdzie operuje-

my małymi prądami zasilania, z powodzeniem mogą być użyte rdzenie metalowe o małej średnicy. W rejestrach przesuwnych rdzeń zbudowany ze stopu niklowo-molibdenowego daje lepszą pracę przy przełączaniu niż ferryty.

Jeżeli jednak wymagana jest bardzo duża szybkość przełączania /rzędu 10^{-9} sekundy/, to stosuje się naporowanie cienkiej warstwy metalu. Metal ten zazwyczaj jest stopem zawierającym 80% niklu i 20% żelaza, naporowuje się go na podstawie szklanej w formie plamek o średnicy kilku milimetrów i grubości rzędu jednej dziesięciotysięcznej milimetra.

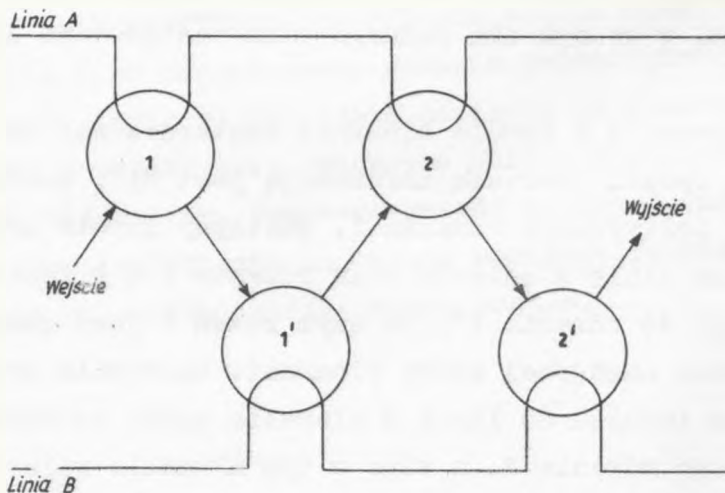
5. REJESTR PRZESUWNY

Jednym z podstawowych elementów używanych do magazynowania informacji na rdzeniach jest rejestr przesuwny. Na rysunku 3 pokazano schematycznie układ rejestru przesuwego, w którym dla jednego bitu zastosowano dwa rdzenie.

Informację w formie binarnej dostarcza się do rdzenia 1. Jeżeli pierwszą informacją jest "1", następuje zmiana polaryzacji rdzenia 1. Następny impuls przychodzący na linię A zmienia stan rdzenia 1 i przekazuje informację do rdzenia 1', po czym rdzeń 1 jest gotowy do przyjęcia następnej cyfry binarnej. Następnie przez przyłożenie impulsu do linii B pierwsza cyfra zostanie przekazana do rdzenia 2. A więc w tym układzie rejestru, w celu zapisania jednej cyfry, zastosowano dwie linie sterujące i dwa rdzenie. Ponieważ rdzeń nie może w tym

samym czasie odbierać i przekazywać informacji, obwód transmisyjny /pokazany na rys. 3 strzałkami/ musi zapewniać przesuwanie informacji tylko w jednym kierunku. Obwód ten może zawierać prostowniki i oporniki lub tranzystory, które są korzystniejsze ze względu na wzmacnianie prądowe.

Powyżej opisane urządzenie może powodować opóźnienie między wejściem i wyjściem i może pracować jako układ pamięciowy buforowy pomiędzy dwoma urządzeniami pracującymi z bardzo różnymi prędkościami. Przykładowo - jak podaje się w omawianym artykule - opisany układ pamięciowy może zapisywać informacje z bardzo małą prędkością, w miarę podawania ich z urządzenia obsługiwane ręcznie, i przekazywać je do urządzenia elektronicznego działającego z szybkością przewyższającą 100000 cyfr w ciągu sekundy.



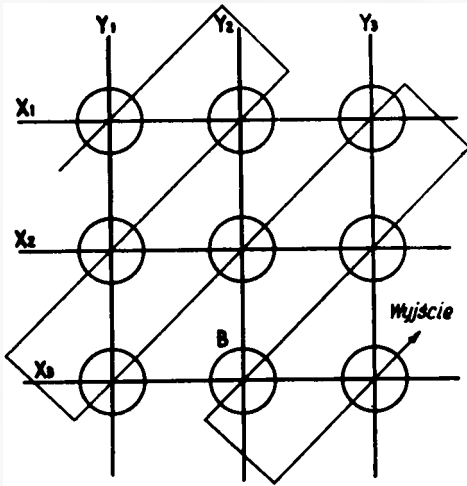
Rys. 3. Rejestr przesuwny

6. UKŁAD PRACUJĄCY NA ZASADZIE KOINCYDENCJI PRĄDÓW

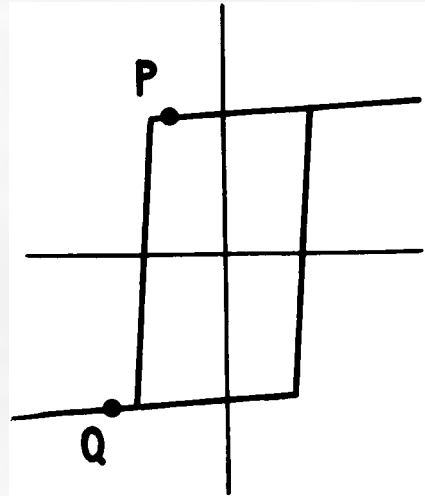
Układ pamięciowy działający na zasadzie koincydencji prądów, zwany matrycą, umożliwia dostęp do każdej zmagazynowanej części informacji.

Sposób rozłożenia rdzeni w matrycy jest pokazany na rys. 4a, przy czym każde kółko reprezentuje punkt magazynujący. Przez każdy taki punkt przechodzą dwa przewody, które tworzą współrzędne dwuwymiarowej siatki, trzeci zaś przewód łączy wszystkie punkty i tworzy wyjście.

W celu stwierdzenia czy w pozycji np. B został zmagazynowany stan "1" lub "0", dwa przewody X_3 i Y_2 określające ten szczególny punkt muszą być zasilane prądem. Powyżej wspomniane dwa prądy działające jednocześnie są wystarczające do przemagnesowania punktu B. Wówczas na wspólnym trzecim przewodzie wystąpi napięcie wyjściowe. Jeżeli pole przyłożone do rdzenia będzie miało kierunek zgodny z jego magnetyzmem, wówczas zmiana strumienia będzie mała, a co za tym idzie napięcie na przewodzie wyjściowym również małe. Pozostałe punkty pozostaną w zasadzie bez zmiany. Powyższa metoda zapisu informacji jest więc analogiczna do metody odczytu; różnią się one jedynie kierunkami działających prądów.



Rys. 4a. Matryca magnetyczna



Rys. 4b. Odczyt połówkowym prądem - P, odczyt całkowitym prądem - Q

7. TRANSFLUKSOR

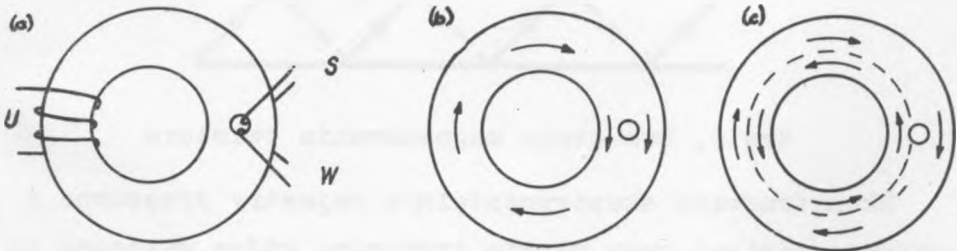
Transfluksor posiada rdzeń magnetyczny z dwoma otworami: duży otwór nieco przesunięty od środka, a mały na najdalszej części pierścienia. Na rdzeniu tym nawija się trzy uzwojenia: ustawiające/U/, sterujące/S/i wyjściowe/W/w sposób pokazany na rys. 5a. Działanie układu transfluksora jest analogiczne do działania transformatora; przekazywanie energii z uzwojenia sterującego do wyjściowego jest regulowane w pewnych granicach prądem stałym doprowadzonym do uzwojenia ustawiającego.

Jeżeli prąd płynący w uzwojeniu nastawiającym spowoduje namagnesowanie całego rdzenia w kierunku ruchu wskazówek zegara aż do stanu nasycenia, pomiędzy uzwoje-

niami przychodzącymi przez mały otwór istnieć będzie tylko niewielkie sprzężenie zwrotne. Obie strony otworu są bowiem namagnesowane wówczas w tym samym kierunku. Taki stan nazywamy blokadą transfluktora lub stanem "0" /rys. 5b/.

Gdyby następnie przepuścić przez uzwojenie nastawiające prąd o kierunku przeciwnym do poprzedniego i o wartości mniejszej, wystarczającej do przemagnesowania tylko wewnętrznej części pierścienia, wówczas dokoła małego otworu powstanie strumień magnetyczny.

Kierunek zmian tego strumienia będzie zgodny z kierunkiem działania prądu sterującego i dzięki sprzężeniu, między uzwojeniami sterującym i wyjściowym, do tego ostatniego zostanie przekazana energia. Taki stan nazywamy odblokowaniem lub stanem "1" transfluktora. Jak widać, transfluktor umożliwia odczyt nie niszczący zapisanej informacji.



Rys. 5a/ Transfluktor, b/ stan "0", c/ stan "1"

8. TWISTOR

Twistor jest to element magnetostrykcyjny, którego działanie polega na zmianie wymiarów geometrycznych ma-

gnetyków pod wpływem przyłożonego pola magnetycznego. Charakterystyczne dla twistora są dwa stany stabilne namagnesowania, pokazane na rys.6; magnesuje się on w kierunku osiowym po linii śrubowej o kącie nachylenia 45° w stosunku do osi. Twistor jest zbudowany w ten sposób, że dookoła przewodu magnetycznego żelazo-niklowego są nawinięte małe cewki magnesujące; przepływanie przez te cewki prądu powoduje przemagnesowanie się przewodu do jednego z dwóch stanów. Przewód magnetyczny jest jednocześnie przewodem wyjściowym, na którym indukuje się napięcie wyjściowe powstałe na skutek przemagnesowania przewodu.



Rys.6. Dwa stany magnesowania twistora

Skonstruowano eksperymentalnie rejestry przesuwne i matryce pamięci przy użyciu twistorów, które wykonano po prostu z przecinających się przewodów miedzianych.

Widzimy więc, że do konstruowania układów pamięciowych mogą być użyte różne elementy magnetyczne. O ich wybo-

rze decyduje przede wszystkim wymagana szybkość działania danego urządzenia.

Pamięć magnetyczna ma przewagę nad innymi typami pamięci, gdyż utrzymuje informację bez doprowadzenia energii oraz zapewnia szybkie udostępnienie informacji.

Rdzeń magnetyczny wraz z przewodami stanowi element, który teoretycznie nie ulega uszkodzeniu w normalnej temperaturze i w normalnych warunkach atmosferycznych.

Ponadto rdzeń magnetyczny jest elementem sterowanym prądowo, a więc dobrze współpracującym z tranzystorami.

