

POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

21e 33/12

Nr 45716

Kl. 21 e, 37/10

Politechnika Warszawska*)
(Zakład Konstrukcji Telekomunikacyjnych i Radiofonii)

21e 31/26

Warszawa, Polska

Sposób badania właściwości, zwłaszcza elektrycznych, elementów nieliniowych oraz urządzenie do stosowania tego sposobu

Patent trwa od dnia 10 kwietnia 1961 r.

Wynalazek dotyczy sposobu określania właściwości wszelkiego rodzaju elementów nieliniowych, wykorzystywanych w układach impulsowych. Wynalazek dotyczy również urządzeń do stosowania sposobu według wynalazku. W szczególności wynalazek może znaleźć zastosowanie do badania elementów używanych w układach impulsowych, a więc takich elementów jak: rdzenie magnetyczne, elementy z magnetycznymi warstwami cienkimi, elementy półprzewodnikowe, elementy kriotronowe, impulsowe wzmacniacze parametryczne itd.

Szczególne znaczenie wynalazek posiada dla badania elementów nieliniowych o charakterystykach typu histeretycznego; w szczególności może on być zastosowany do badania przydatności rdzeni magnetycznych o prostokątnej pętli histerezy dla zastosowań w układach logicz-

nych i pamięciowych elektronowych maszyn cyfrowych.

Dzięki wynalazkowi można zbadać w czasie pojedynczej próby zachowanie się elementu w zmiennych warunkach pracy przy bardzo dużej ilości rodzajów impulsów względnie ciągów impulsów ze źródeł zasilających element badany, unikając konieczności wykonywania znacznej ilości prób niezbędnych przy stosowaniu dotychczas znanych metod. Na fig. 1a rysunku jest podany przykład układu do badania dowolnych elementów nieliniowych znaną metodą poddawania elementu badanego 2 działaniu testu kontrolnego dostarczonego z generatora 1. Odpowiedź elementu badanego analizuje analizator odpowiedzi 3.

Na przykład stosowane dotychczas sposoby badania toroidalnych rdzeni magnetycznych o prostokątnej pętli histerezy stosowanych w urządzeniach cyfrowych polegają na tym, że badany rdzeń 2 poddaje się (patrz fig. 1b rysunku) działaniu testu kontrolnego, tj. pewne-

*) Właściciel patentu oświadczył, że twórcą wynalazku jest mgr inż. Kazimierz Bienkowski.

go programu impulsów, np. takiego jak na fig. 2, który np. symuluje przewidywane warunki pracy badanego elementu, np. w ferrytowej pamięci z dostępem przypadkowym*). O ile test kontrolny posiada kształt impulsów taki jak na fig. 2 o amplitudach poszczególnych impulsów ustalonych, wówczas uzyskuje się jedynie jedną odpowiedź badanego elementu na jeden test kontrolny, taką np. jak na fig. 3.

Na fig. 2 jest podany przebieg prądu i_T w obwodzie rdzenia badanego w funkcji czasu T . Na fig. 3 podano przykład odpowiedzi badanego rdzenia (o prawie zadowalających parametrach), na test kontrolny według fig. 2. Impulsy a i a' , b i b' , c i c' , d i d' na fig. 2 i fig. 3 odpowiadają sobie wzajemnie, przy czym impulsy na fig. 3 nałożono na siebie celem ułatwienia ich porównania. Symbolami U_0 , U'_0 , oznaczono napięcia na uzwojeniach próbnych badanego rdzenia.

Gdyby należało zbadać zachowanie się elementu w funkcji parametrów testu kontrolnego, np. w funkcji amplitud poszczególnych impulsów testu, wówczas — przy dotychczas stosowanych metodach — próbę należałoby powtórzyć odpowiednią ilość razy.

Gdyby istniały wątpliwości co do zachowania się elementu badanego dla bardzo mało różniących się od siebie parametrów testu — np. dla mało różniących się amplitud poszczególnych impulsów testu — ilość wymaganych prób w dotychczas stosowanych metodach byłaby bardzo znaczna.

Z tego powodu praktycznie niemożliwe staje się badanie dużych partii elementów dla dużej ilości różnych testów kontrolnych (np. różniących się amplitudami). Znaczenie praktyczne konieczności przeprowadzania tego rodzaju prób jest jednak nadzwyczaj ważne, np. z tego względu, że rzeczywiste warunki pracy badanych elementów zawsze odbiegają od nominalnych i warunki te ulegają ciągłym zmianom — np. w wyniku wahań napięć zasilających lub starzenia się innych elementów układu współpracujących z badanymi.

Właściwością charakteryzującą zdolność elementu do pracy w zmiennych warunkach jest więc jego niewrażliwość na zmiany tych warunków.

Badanie tej właściwości w każdym produkowanym elemencie omawianego typu przy pomocy dotychczasowych metod jest niezmiernie

uciążliwe ze względu na konieczność wykonywania bardzo dużej ilości prób. Badania tego rodzaju przeprowadzano dotychczas jedynie dla wybranych z partii elementów i to na ogół dość rzadko ze względu na dużą pracochłonność dotychczasowych metod badania.

Wynalazek usuwa wspomniane wady. Wynalazek polega na tym, że pewne parametry testu kontrolnego, np. takiego jak na fig. 2 moduluje się w czasie próby, np. jedną ze znanych metod (np. praktyczne znaczenie przy badaniu rdzeni magnetycznych o prostokątnej pętli histerezy mogą mieć: modulacja amplitudy impulsów, modulacja szerokości impulsów oraz modulacja czasu narastania impulsów testu kontrolnego takiego jak na fig. 2), dzięki czemu przekształcony zostaje test kontrolny w zespół testów kontrolnych, co umożliwia uzyskanie zespołu odpowiedzi badanego elementu w takim samym okresie czasu, jaki jest potrzebny dla uzyskania jednej odpowiedzi przy stosowaniu znanych metod badania.

Wynalazek obejmuje wszelkie metody modulacji dowolnych parametrów wszelkich testów kontrolnych. W szczególności wynalazek obejmuje modulację parametrów elektrycznych testów kontrolnych składających się z ciągów kolejno po sobie następujących impulsów prądu (natężenia pola magnetycznego) lub napięcia (natężenia pola elektrycznego) przykładanych w dowolny sposób do elementu badanego. W szczególności poszczególne parametry testu kontrolnego lub grupy tych parametrów mogą być modulowane jednym lub kilkoma sygnałami modulującymi łącznie lub oddzielnie. Istotną cechą wynalazku jest to, że sygnały modulujące mogą odpowiadać rzeczywistym, przewidywanym lub umownym zmianom warunków pracy elementów badanych. Na przykład zachodzące w rzeczywistości powolne zmiany warunków pracy elementów badanych mogą być zastąpione podczas próby szybszymi (w stosunku do szybkości zmian warunków rzeczywistych) sygnałami modulującymi — co może być dogodne ze względów praktycznych.

Również ze względów na ułatwienie realizacji technicznej wynalazku może być pożądane w pewnych warunkach zastosowanie metod odpowiedniego kształtowania sygnałów modulujących, np. poprzez ich kwantyzację czasową lub czasowo-amplitudową, taką jak przedstawiono przykładowo na fig. 6, na której pierwotny przebieg modulujący (narysowany linią ciągłą) zastąpiono impulsowym przebiegiem modulującym (linia przerywana) składającym się z odcinków o nachyleniu praktycznie rów-

*) odpowiednik angielskiej nazwy „ferrite random access store“.

nym zeru: a) przybierających wartości równe wartości lewostronnej pierwotnego przebiegu modulującego w dyskretnych chwilach czasowych (kwantyzacja czasowa, patrz fig. 6b), b) przybierających wartości dyskretne najbliższe lewostronnej wartości pierwotnego przebiegu modulującego w dyskretnych chwilach czasowych (kwantyzacja czasowo-amplitudowa, patrz fig. 6d). Fig. 6c przedstawia przypadek, gdy pierwotny przebieg modulujący jest fikszony tylko na krótkie przedziały czasowe.

Przykład układu do badania elementów sposobem według wynalazku jest przedstawiony na fig. 1c, na której cyframi 1, 2 i 3 oznaczono takie same fragmenty układu jak na rys. 1a. Cyfrą 4 oznaczono modulator testu kontrolnego przyłączony do generatora 1. Modulator ten może również w pewien sposób wpływać na działanie analizatora 3 np. w celu wydzielenia w analizatorze pewnych określonych odpowiedzi.

Wynalazek bardziej szczegółowo jest opisany na przykładzie badania toroidalnych rdzeni magnetycznych o prostokątnej pętli histerezy dla zastosowania w magnetycznej pamięci szybkiej z dostępem przypadkowym. Wynalazek umożliwia w danym przypadku przeprowadzenie precyzyjnych badań elementów w zmiennych warunkach pracy nawet przy produkcji masowej tych elementów, z tym że daje on również dogodne narzędzie dla badań podstawowych wspomnianych elementów.

Przy zastosowaniu wynalazku test do badania, np. rdzeni wyglądałby np. tak, jak na fig. 4a,b,c. Na fig. 4a rysunku jest pokazany test kontrolny z fig. 2 (przebieg prądu, i_T w funkcji czasu T), którego amplituda została zmodulowana napięciem sieci 50 Hz. Prawa część rysunku przedstawia ten sam przebieg obserwowany w przedziale czasowym współmiernym z okresem zmian napięcia modulującego.

Na fig. 4b jest pokazany test kontrolny z fig. 2, którego amplituda została zmodulowana przebiegiem o kształcie zębów piły. Z prawej części rysunku wynika, że dzięki temu, że długość okresu zmian napięcia modulującego odpowiada trzykrotnej długości okresu repetycji impulsów testu, otrzymuje się zespół trzech testów kontrolnych (a' , b' , c' ; d' ; a'' , b'' , c'' ; d'' ; a''' , b''' , c''' , d''') kolejno po sobie następujących.

Fig. 4c przedstawia zmodulowany test kontrolny podobny jak na fig. 4b, z tym że impulsy b i c zmodulowane są przebiegiem o fa-

zie przeciwnej w stosunku do przebiegu modulującego impulsy a i d. Ten rodzaj testu może mieć szczególne znaczenie praktyczne dla badania jakości rdzeni.

Na fig. 4d jest uwidoczniony test kontrolny z fig. 2 zmodulowany dowolnymi sygnałami modulującymi (ogólnie rzecz biorąc nieskorelowanymi). W podobny sposób możnaby zmodulować dowolny inny parametr dowolnego testu kontrolnego, np. czas narastania impulsów, szerokość impulsów, częstotliwość repetycji impulsów.

Przebiegi modulujące mogą oddziaływać np. na wszystkie impulsy testu równocześnie, bądź też na niektóre z nich, lub ich grupy. Również poszczególne parametry testu lub grupy tych parametrów mogą być poddane działaniu kilku przebiegów modulujących jednocześnie.

Na przykład dla testów z fig. 4a,b,c odpowiedź badanego rdzenia o prawie zadowalających parametrach mogłaby wyglądać tak jak na fig. 5a,b (impulsy $a—a_w$, $b—b_w$, $c—c_w$, $d—d_w$ z fig. 4 i fig. 5 odpowiadają sobie wzajemnie).

Z fig. 5a wynika, że o ile test kontrolny nie jest zsynchronizowany z przebiegiem modulującym, względnie o ile częstotliwość przebiegu modulującego jest znacznie niższa od częstotliwości repetycji impulsów testu, wówczas można otrzymać widmo „ciągle” odpowiedzi badanego elementu na test kontrolny.

Z fig. 5b wynika, że gdy test kontrolny jest zsynchronizowany z częstotliwością przebiegu modulującego będącą całkowitą wielokrotnością repetycji impulsów testu, otrzymuje się dyskretną ilość odpowiedzi badanego elementu na test kontrolny, równą stosunkowi okresu repetycji przebiegu modulującego do okresu repetycji testu.

O ile amplituda przebiegu modulującego zmienia się w sposób ciągły (fig. 6a) parametry testu kontrolnego na ogół nie są ustalone w czasie pojedynczego okresu przebiegu modulującego. Szybkość zmian parametrów testu kontrolnego określona jest na ogół szybkością zmian przebiegu modulującego oraz głębokością modulacji odpowiednich parametrów testu. Efekt ten można zaobserwować np. na fig. 4b, c.

O ile np. parametr p_i pewnego testu kontrolnego modulowany jest poprzez przebieg modulujący $m(t)$, przy czym podczas procesu modulacji osiąga on wartości ekstremalne $p_{i\max}$ i $p_{i\min}$, wówczas można wprowadzić parametr charakteryzujący głębokość modulacji parametru p_i przez m jako np.:

$$g_i \left| \frac{m}{t} \right| = \frac{P_{i\max} - P_{i\min}}{P_{i\max} + P_{i\min}} \quad (1)$$

O ile np. interesujące są maksymalnie możliwe, względne zmiany parametru P_i w przedziale Δt można je określić np. jako:

$$\max \left[\Delta P_i \left\{ m(t), \Delta t \right\} \right] = \Delta t \cdot g_i \left| \frac{m(t)}{dt} \right| \cdot \max \left[\frac{dm(t)}{dt} \right] \quad (2)$$

Wyjaśnione to zostanie na przykładzie modulacji amplitudy impulsów testu kontrolnego według fig. 2 napięciem sinusoidalnym 50 Hz. O ile np. założone zostanie, że długość każdego z impulsów wynosi $5 \mu s$ zaś okres repetycji jest równy $40 \mu s$, wówczas np. dla głębokości modulacji amplitudy równej 20% otrzymuje się:

$$\begin{aligned} \max \left[\Delta a \left(\sin \omega_m t, \Delta t \right) \right] &= \frac{1}{5} \cdot \Delta t \cdot \max \left[\omega_m \cdot \cos \omega_m t \right] = \frac{\omega_m \cdot \Delta t}{5} = \frac{2 \cdot \pi \cdot F_m}{5} \cdot \Delta t \\ &= \frac{2 \cdot \pi}{5} \cdot \frac{\Delta t}{T_m}; \end{aligned} \quad (3)$$

gdzie:

Δa — oznacza przyrost amplitudy testu kontrolnego,

zaś:

$$F_m = 50 \text{ Hz}$$

$$T_m = 2 \cdot 10^{-2} \text{ sek.}$$

Skąd:

$$= \frac{2 \pi}{5} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-2}} = 3,14 \cdot 10^{-4} \sim 0,3\%.$$

$$\max \Delta a \left| \begin{array}{l} F_m = 50 \text{ Hz} \\ g = 20\% \\ \Delta t = 5 \mu s \end{array} \right|$$

lub:

$$= 8 \cdot \pi \cdot 10^{-4} \sim 2,5\%.$$

$$\max \Delta a \left| \begin{array}{l} F_m = 50 \text{ Hz} \\ g = 20\% \\ t = 40 \mu s \end{array} \right|$$

to znaczy, że maksymalnie możliwe, względne zmiany amplitudy impulsów testu z fig. 2 wzięte za okres $5 \mu s$ i $40 \mu s$, przy głębokości modulacji 20% napięciem sinusoidalnym 50 Hz wynoszą odpowiednio 0,3% i 2,5%.

O ile np. zmiany te z jakichkolwiek przyczyn powinny być uznane za niedopuszczalne można postąpić np. w dwojaki sposób:

- obniżyć częstotliwość przebiegu modulującego — co spowoduje zmniejszenie jego szybkości zmian.
- zastosować dyskretne, ustalone przebiegi modulujące.

Na fig. 6b jest uwidoczniony sposób tworzenia dyskretnego przebiegu modulującego, odpowiadającego ciągłemu sygnałowi modulującemu z fig. 6a, którego amplituda jest ustalana w czasie poszczególnych okresów repetycji testu kontrolnego.

Fig. 6c przedstawia sposób ustalenia amplitudy przebiegu z fig. 6a na okres odpowiadający długości poszczególnych impulsów testu.

Fig. 6d wyjaśnia zasadę kwantyzacji czasowo-amplitudowej przebiegu modulującego z fig. 6a.

Sposoby i urządzenia dla kwantyzacji czasowej, względnie czasowo-amplitudowej przebiegów modulujących test kontrolny mogą odpowiadać np. jednej z dotychczas znanych metod.

Na fig. 7 jest pokazany przykład schematu blokowego urządzenia realizującego modulację amplitudy testu kontrolnego uwidocznionego na fig. 4a. Schemat ten, wyjąwszy zastosowanie modulacji amplitudy impulsów, nie odbiega w zasadzie od schematów blokowych współcześnie stosowanych urządzeń do badania rdzeni magnetycznych o prostokątnej pętli histerezy. Generator programu impulsów 1 dostarcza sygnałów synchronizujących układy sterujące 2a, 2b, 2c, 2d, które z kolei sterują wyjściowymi wzmacniaczami prądowe 3a, 3b, 3c, 3d. Ilość torów wzmacniających odpowiada ilości rodzajów impulsów.

Napięcie modulujące 6 przyłożone na modulator amplitudy impulsów 5 powoduje modulację amplitudy impulsów a, b, c, d poprzez wpływ na pracę 3a, 3b, 3c, 3d.

Zasady tego wpływu mogą odpowiadać np. jednej z dotychczas znanych metod modulacji amplitudy. Może to być (w przypadku układów lampowych (np. stosowana w układach lampowych modulacja napięcia anody, ekranu siatki sterującej lamp wyjściowych 3a, 3b, 3c, 3d).

Impulsy a, b, c, d dostarczone z 3a, 3b, 3c, 3d zostają zsumowane poprzez układ sumujący 4, tworząc zmodulowany test kontrolny taki np., jaki jest podany na fig. 4a, b.

Zwykle, w stosowanych dotychczas układach brak jest specjalnego urządzenia sumującego 4 — sumowanie następuje bezpośrednio na ele-

mencie badanym, co jest możliwe ze względu na bardzo małą impedancję elementu badanego w stosunku do wewnętrznej impedancji 3a, 3b, 3c, 3d.

Na fig. 8 jest wyjaśniona zasada przeprowadzania badań porównawczych na przykładzie badania wspomnianych rdzeni magnetycznych. Zasada ta polega na tym, że prądowy test kontrolny i_T dostarczany ze źródła testu kontrolnego 1 przepływa jednocześnie przez element badany 2 oraz element wzorcowy 3, zwykle podobny do badanego. Odpowiedź 2 na i_T — U_{ox} oraz odpowiedź 3 na i_T — U_{ow} dostarczana jest do urządzenia manipulacyjnego 4 charakteryzującego się tym, że pozwala ono na otrzymanie na zaciskach (a' , a''), (b' , b''), (c' , c'') przebiegów U_{ox} U_{ow} oraz U_{ow} — U_{ox} odpowiednio, względnie przebiegów im odpowiadających. Sygnał U_{ow} może być również zastąpiony sygnałem wytworzonym w jakikolwiek inny sposób np. z wykorzystaniem układu symulującego element wzorcowy złożonego z liniowych i nieliniowych elementów elektrycznych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób badania właściwości, zwłaszcza elektrycznych, elementów nieliniowych, znamieny tym, że test kontrolny przekształca się w zespół testów kontrolnych.
2. Sposób według zastrz. 1, znamieny tym, że określone parametry testu kontrolnego zostają zmodulowane, dzięki czemu test ten zostaje przekształcony w zespół testów kontrolnych.
3. Sposób według zastrz. 1, 2, znamieny tym, że określone parametry testu kontrolnego zostają zmodulowane zgodnie z rzeczywistymi przewidywanymi lub umownymi zmianami warunków pracy elementów.
4. Sposób według zastrz. 1—3, znamieny tym, że poszczególne parametry testu moduluje się jednym lub kilkoma sygnałami modulującymi łącznie lub oddzielnie.
5. Sposób według zastrz. 1—4, znamieny tym, że ewentualne niepożądane skutki modulacji testu kontrolnego usuwa się przez kwantyzację np. czasową lub czasowo-amplitudową przebiegów modulujących.
6. Sposób według zastrz. 1—5, znamieny tym, że synchronizuje się sygnały modulujące z sygnałami testu kontrolnego w ten sposób, żeby uzyskać pewną ilość dyskretnych odpowiedzi elementu badanego, co daje łatwość interpretacji ilościowych.

7. Sposób według zastrz. 1—5, znamieny tym, że ustala się w sposób dyskretny amplitudy sygnałów modulujących poprzez ich kwantyzację czasowo-amplitudową w celu uzyskania pewnej ilości dyskretnych odpowiedzi elementu badanego, co daje łatwość interpretacji ilościowych.
8. Sposób według zastrz. 1—5, znamieny tym, że stosuje się jednocześnie synchronizację sygnałów modulujących z sygnałami testu kontrolnego oraz ustala się w sposób dyskretny amplitudy sygnałów modulujących poprzez ich kwantyzację czasowo-amplitudową.
9. Sposób według zastrz. 1—5, znamieny tym, że parametry źródeł modulujących ustala się w ten sposób, żeby zespół odpowiedzi elementu badanego tworzył widmo pozornie ciągle, przy czym jako kryterium oceny elementu przyjmuje się głębokość modulacji testu kontrolnego.
10. Sposób według zastrz. 1—9, znamieny tym, że analizę odpowiedzi badanego elementu przeprowadza się metodą porównawczą przy wykorzystaniu odpowiedzi odniesienia.
11. Sposób według zastrz. 10, znamieny tym, że odpowiedź odniesienia wytwarza się przy pomocy elementu podobnego do elementu badanego, zasilając go tymi samymi sygnałami kontrolnymi, co element badany.
12. Sposób według zastrz. 11, znamieny tym, że odpowiedź odniesienia wytwarza się przy pomocy układu symulującego element wzorcowy, złożonego z liniowych i nieliniowych elementów elektrycznych.
13. Urządzenie do badania właściwości, zwłaszcza elektrycznych, elementów nieliniowych w sposób według jednego lub więcej zastrzeżeń 1—12, znamienne tym, że zawiera środki do modulacji parametrów testu kontrolnego w postaci modulatorów umożliwiających oddziaływanie sygnałów modulujących na parametry testu kontrolnego.
14. Urządzenie według zastrz. 13, znamienne tym, że zawiera środki do uzyskiwania dyskretnych widm odpowiedzi elementu badanego w postaci układów umożliwiających kwantyzację czasową lub czasowo-amplitudową pierwotnych sygnałów modulujących w modulatorze i ewentualnie również układy umożliwiające synchronizację syg-

nałów modulujących przez impulsy testu kontrolnego, dzięki czemu parametry modulowanego testu kontrolnego przyjmują tylko skończoną ilość wartości.

15. Urządzenie według zastrz. 13, znamienne tym, że zawiera środki do uzyskiwania pozornie ciągłych widm odpowiedzi elementu badanego w postaci modulatorów umożliwiających modulację parametrów testu kontrolnego sygnałami dostatecznie wolnymi i ewentualnie również o częstotliwości zmiennej, w stosunku do częstotliwości repetycji impulsów testu kontrolnego, dzięki którym parametry testu kontrolnego mogą

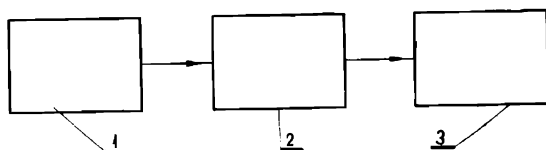
przybierać dowolne wartości różniące się od siebie dostatecznie mało.

16. Urządzenie według zastrz. 13—15, znamienne tym, że posiada środki do przeprowadzania badań porównawczych, w postaci znanych manipulatorów umożliwiających obserwację różnicy odpowiedzi dwu elementów przełączanych tym samym testem kontrolnym jednocześnie.

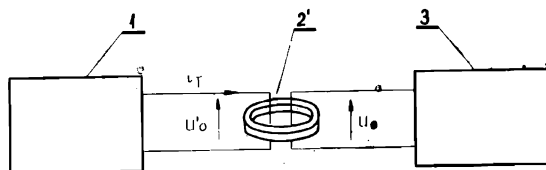
Politechnika Warszawska
Zakład Konstrukcji
Telekomunikacyjnych
i Radiofonii

Fig. 1

1a



1b



1c

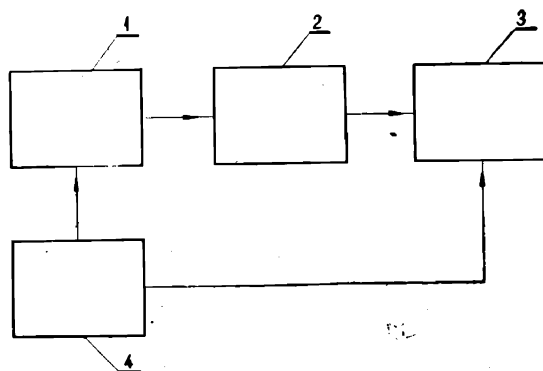


Fig.2

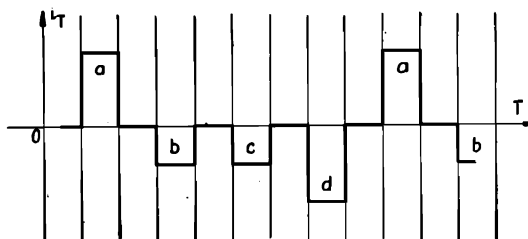


Fig.3

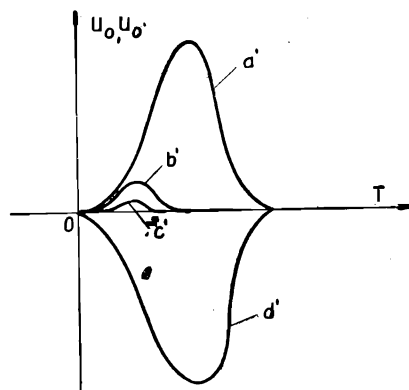


Fig. 4

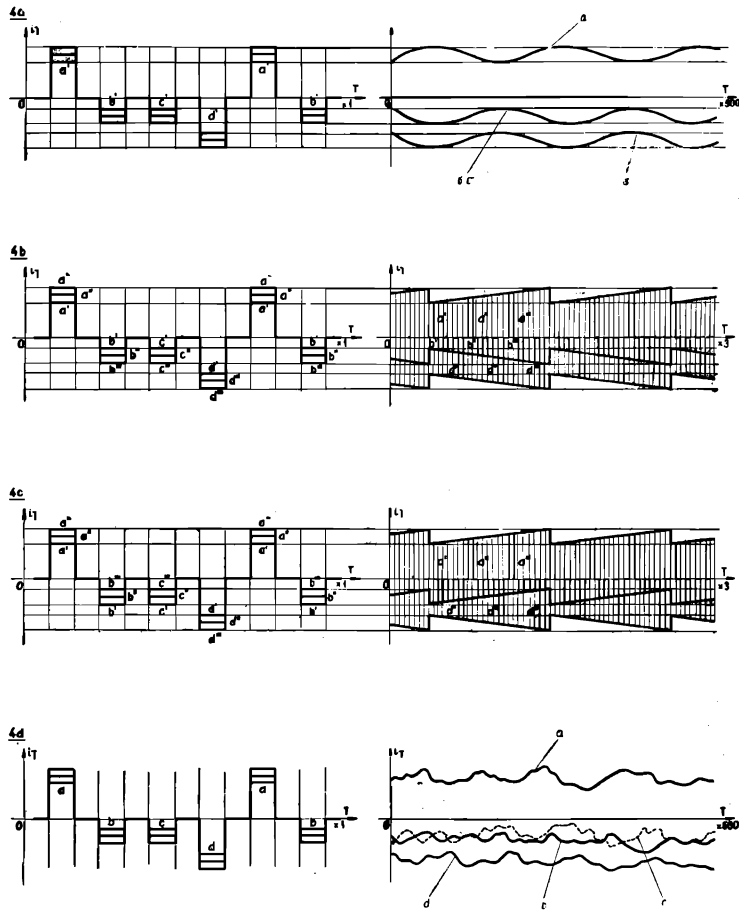
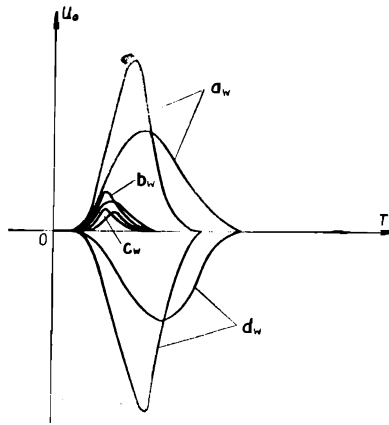


Fig. 5

5a



5b

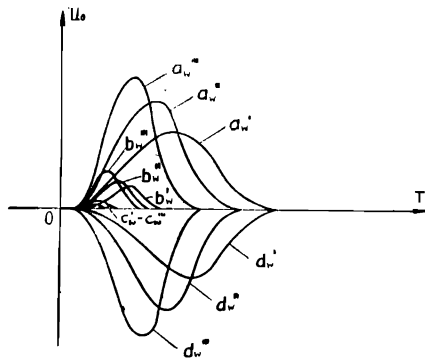


Fig. 6

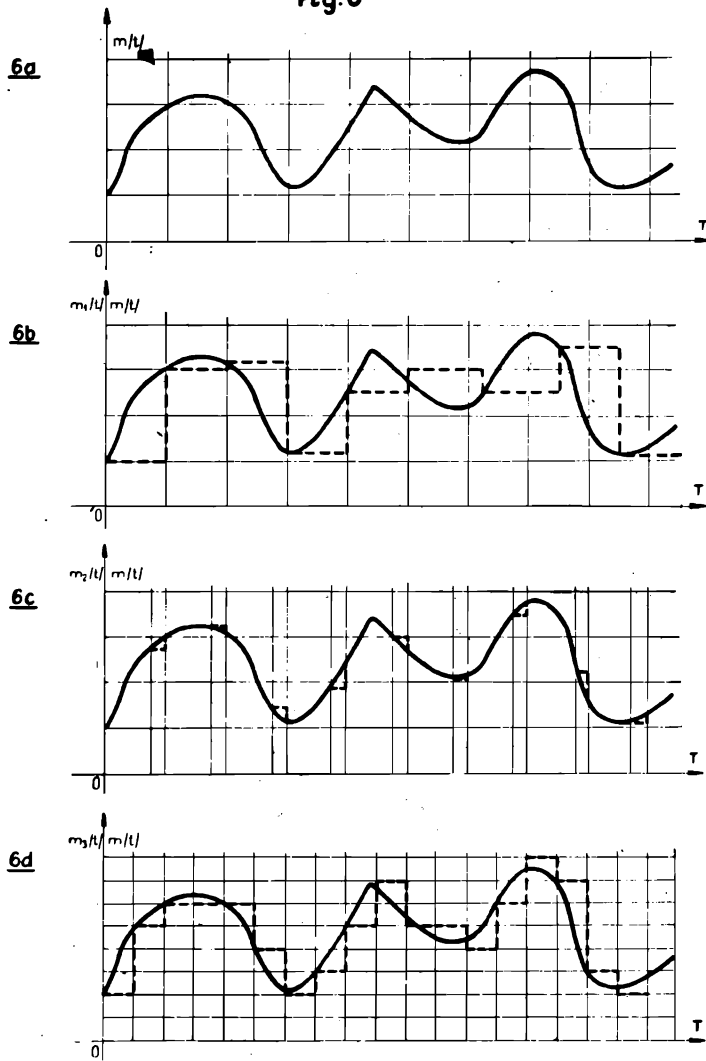


Fig. 7

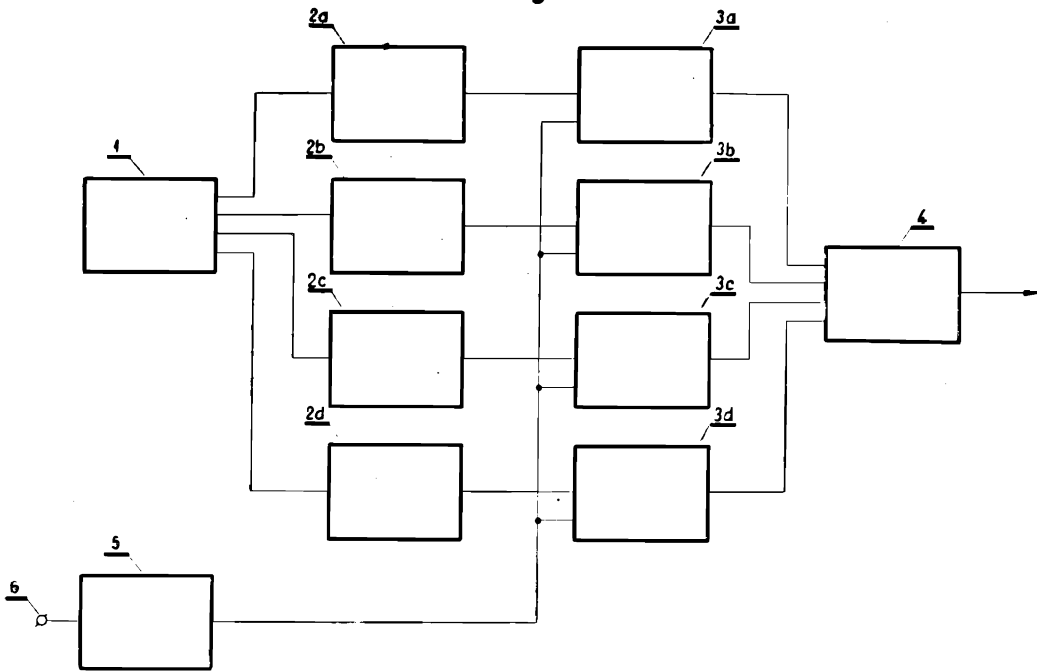


Fig. 8

