PELNOMOGNIK RZĄDU DO SPRAW ELEKTRONIGZNEJ TECHNIKI OBLICZENIOWEJ

Prace Instytutu Maszyn Matematycznych

Tom IV

Praca B 17 (30)

CZĘŚCIOWE PRZEŁĄCZANIE RDZENI FERRYTOWYCH Z prostokątną pętlą histerezy

Ryszard BOLIŃSKI

INSTYTUT MASZYN MATEMATYCZNYCH



PRACE

Instytutu Maszyn Matematycznych



and a stand of the

Tom IV Praca B 17/30/ CZĘŚCIOWE PRZEŁĄCZANIE RDZENI FERRYTOWYCH Z PROSTOKĄTNĄ FĘTLĄ HISTEREZY

Ryszard BOLINSKI

Warszawa 1967

Copyright © 1967 - by Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa Poland Wszelkie prawa zastrzeżone

P.W 283/67

KOMITET REDAKCYJNY

12

Leon ŁUKASZEWICZ /redaktor/, Antoni MAZURKIEWICZ, Tomasz PIETRZYKOWSKI /z-ca redaktora/, Dorota PRAWDZIC, Zdzisław WRZESZCZ. Redaktor działowy: Zbigniew ŚWIĄTKOWSKI. Sekretarz redakcji: Romana NITKOWSKA. Adres redakcji: Warszawa, ul. Koszykowa 79, tel. 28-37-29 Instytut Maszyn Matematycznych Praca B 17/30/ (C) 1967.02.

CZĘŚCIOWE PRZELĄCZANIE RDZENI FERRYTOWYCH Z PROSTOKĄTNĄ PĘTLĄ HISTEREZY

> Ryszard BOLIŃSKI Pracę złożono 16.05.1966r.

W oparciu o model przełączania rdzenia z prostokątną pętlą histerezy podany w pracy "Magnitnyje sierdečniki s priamougolnoj pietlej gistieriezisa" A.I. Pirogova i J.M. Szamajeva zostały obliczone parametry impulsu napięciowego indukowanego przez przełączający się rdzeń, znalezione zależności pomiędzy parametrami impulsu napięciowego dla częściowego i pełnego przełączania rdzenia. Wyniki sprawdzono doświadczalnie uzyskując dobrą zgodność z obliczeniami.

SPIS TRESCI

1. JSTEP	. 6
2. PODSTAWOWE ZALEŻNOSCI	. 6
3. CYKL ZAPISU	. 9
3.1. Ladunek potrzebny do zmiany punktu pracy rdzenia	. 10
3.2. Dynamiczna oporność zastępcza rdzenia	. 11
3.3. Napięcie indukowane przy zapisie	- 11
4. CYKL ODCZYTU	. 12
4.1. Ladunek potrzebny do zmiany punktu pracy rdzenia	. 12
4.2. Dynamiczna oporność zastępcza rdzenia	. 12
4.3. Napięcie indukowane przy odczycie	. 13
4.3.1. Czas trwania impulsu napięcia indukowanego	• 14
4.3.2. Czas osiągnięcia maksimum napięcia indukowanego	• 16
5. POHIARY	. 18
5.1. Pomiar $U_{Moz} = f(H_z)$, $H_{od} = const$	- 19
5.2. Pomiar $Q_{wczn} = f(B_0/B_r)$ dla oyklu zapisu	• 21
5.3. Pomiar U = f (B /B) dla cyklu odczytu	• 22

w cyklu

5.4. Pomiar	tte	ozn	-	f	(B ₀	/B	r)	1	tp	ocz	n	-	f	(в	°/1	B _r)	d)	La	03	rk]	lu	od	lcz	yt	u			24
6. WNIOSKI						•	•						•						• • .				•					26
Literatura										•		•			•	•						•		•	•			27
Summary		• •	•			•	•	•	•		•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	28

Oznaczenia

B	
a = współczynnik prostokątności pętli histerezy	
B - indukcja magnetyczna	
$B_{o} = \frac{B_{p} + B_{r}}{2} - \text{średnia wartość indukcji magnetycznej}$	
B – wartość początkowa indukcji magnetycznej przy częś- ciowym przełączaniu	
Br - remanencja magnetyczna *)	
B _g - indukcja nasycenia *)	
C - stała	
 H - pole magnetyczne H - siła koercji H - amplituda prostokątnego⁺⁺¹ impulsu pola magnetycznego H - wartość pola magnetycznego wyznaczonego przez przecię- cie się z osią H prostej będącej aproksymacją prostolinic wego cdcinka funkcji 1/t = f (H), gdzie H oznacza amplitudę prostokątnego⁺⁺¹ impulsu pola magnetycznego 	
od - amplituda prostokątnego - impulsu pola magnetycznego w cyk	
H _{st} - pole odpowiadające statycznej pętli histerezy dla danej wartości B	
H - H - H H - amplituda prostokątnego ^{**)} impulsu pola magnetycznego w cyklu zapisu	方本二
Mentaíni U. D. D. edunoso sis tutoj de moksumoluej potij bi	

Wartości H., B., B. odnoszą się tutaj do maksymalnej pętli histerezy, po której porusza się punkt pracy rdzeni. Wyznacza ją pole odczytu H_{od}

*** rzeczywistości przebieg pola magnetycznego w czasie ma w przybliżeniu kształt trapezu. Dla uproszczenia rozważań założono przebieg prostokątny. Takie uproszczenie nie prowadzi do znacznych błędów, o ile czasy narastania i opadania pola są pomijalne w stosunku do czasu trwania zjawisk wywotanych polem. Dalej wszędzie pod pojęciem przebiegu prostokątnego rozumieć należy przebieg o kształcie trapezu z powyższym założeniem.

B 17/30/

- mad

t

ż

Ľ

Indeksy

w - wypadkowy, wewnetrzny cz - odnoszący się do częściowego przełączenia n - wartość znormalizowana K - wartość maksymalna od - odczyt z - zewnętrzny, zapie

111

1. WSTEP

Jednym z głównych sposobów zwiększenia szybkości pracy maszyny jest zwiększanie szybkości pracy jej pamięci operacyjnej,którą /obecnie/ zwykle jest pamięć na rdzeniach ferrytowych z prostokątną pętlą histerezy.

Przyspieszenie pracy pamięci można m.in. uzyskać przez skrócenie czasu przeznaczonego na przełączanie rdzeni pamięciowych. Można to uczynić zwiększając odpowiednio prądy, zmniejszając wymiary geometryczne rdzeni lub stosując częściowe przełączanie rdzeni.

Niniejsza praca ma na celu pokazanie konstruktorom ferrytowych pamięci operacyjnych możliwości, jakie daje praca z częściowym przełączaniem rdzeni. Starano się w niej podać metodę umożliwiającą obliczenie podstawowych parametrów częściowego przełączania na podstawie danych pełnego przełączania rdzeni. Przyjęto model przełączania rdzenia opisany w pracy [8]. Zostały wykonane pomiary rdzeni o średnicy zewnętrznej $\phi_{z} = 1,3$ mm, ponieważ głównie te rdzenie mogą być w obecnym czasie u nas stosowane do pracy z częściowym przełączaniem. Pomierzono rdzenie wykonane z trzech mas: R1, R2 i R3, które są wytwarzane w Instytucie Maszyn Matematycznych.

2. PODSTAWOWE ZALEŻNOŚCI

Na podstawie szeregu prac teoretycznych i eksperymentalnych stwierdzono, że proces przełączania rdzeni ferrytowych z prostokątną pętlą histerezy jest opisany z dość dużą dokładnością równaniem różniczkowym

$$\mathbf{F}$$
 $(\mathbf{H}, \mathbf{B}, \frac{\mathbf{dB}}{\mathbf{dt}}) = 0$

[8], [10], które można przedstawić w postaci

$$\frac{dB}{dt} = r (B) f (H_w)$$

gdzie

r (B) - dynamiczna oporność zastępcza rdzenia,

H = H - H = + - wypadkowe przełączające pole magnetyczne.

Dla mniej dokładnych obliczeń lub dla dużych wartości H (t) można przyjąć

H_o jest wartością progową pola magnetycznego otrzymaną z charakterystyki $\frac{1}{t_t} = f(H); t_t$ jest czasem przełączania rdzenia /rys 1/.



Rys. 1

W literaturze definiuje się kilka wartości H_o powstałych przez aproksymację prostych odcinków $\frac{1}{t_t} = f$ (H) odpowiadających różnym zakresom pól H [3], [8]. W niniejszej pracy brano pod uwagę tylko H_o odpowiadające wartościom pól leżących w granicach 1+10 H_c. Wtedy można przyjąć [8] f (H_w) = H (t) - H_o.

Przyjmijmy za punkt odniesienia stan rdzenia + B, /rys 2/.



Zgodnie z analizą przeprowadzoną w [8] dla przełączenia rdzenia z dowolnego początkowego stanu B /rys.3/ otrzymujemy

$$r_{CZ}(B) = R\left(1 - a\frac{B_{0}}{B_{r}}\right)\left[1 - \left(\frac{B - B_{0}}{B_{r} - B_{0}}\right)^{2}\right] = \frac{B_{r}}{B_{s}} - \frac{Wsp62czynnik pro@to-}{katności}$$

$$= \frac{B_{p} + B_{r}}{2} - \frac{srednia wartośc}{indukcji magnetycz-}$$

$$= B_{0} + B_{r}$$

$$= \frac{B_{r}}{2} - \frac{B_{r}}{2} - \frac{Srednia wartośc}{indukcji magnetycz-}$$

- B_p wartość początkowa indukcji magnetycznej
- R maksymaina wartość r(B) przy przeżączaniu rdzenia ze stanu B do stanu -B /lub = -B do +B_r/.

Rys. 3

-Br Stąd dla przełączania ze stanu polem $H(t) = H_{M} = const /B_{0} =$

$$\mathbf{r}_{cz}(\mathbf{B}) = \mathbf{r}(\mathbf{B}) = \mathbb{R}\left[1 - \left(\frac{\mathbf{B}}{\mathbf{B}_{g}}\right)^{2}\right]$$
 /3/

oraz

$$\int_{-B_{\mathbf{r}}}^{+B_{\mathbf{r}}} \frac{db}{\mathbf{r}_{cz}(B)} = \frac{2B_{\mathbf{s}}}{R} \text{ arth } \frac{B_{\mathbf{r}}}{B_{\mathbf{s}}} = \int_{0}^{t} \left(H_{\mathbf{M}} - H_{\mathbf{o}}\right) dt = H_{\mathbf{w}} t_{\mathbf{t}} = S_{\mathbf{w}} / 4 / 4$$

czyli

$$S_{W} = \frac{2B_{B}}{R} \operatorname{arth} \frac{B_{T}}{B_{B}}$$
 /5/

Z /1/, /2/ 1 /4/ dla przełączenia rdzenia od stanu B, polem H

$$\frac{dB}{dt} = R \left(1 - a \frac{B_o}{B_r}\right) \left[1 \left(-\frac{B - B_o}{\frac{B_r}{a} - B_o}\right)^2\right] H_w$$
 /6/



gdzie

B,

Oznaczmy czas przełączania rdzenia od stanu B_p do B_r przes t_{tcz} oraz przyjmijmy

$$H_{w} t_{tcz} = Q_{wcz} = \int_{0}^{t} tcz \left(H_{M} - H_{0}\right) d\tau .$$
 (7/

Po rozwiązaniu równania /6/ z uwzględnieniem /7/ otrzymuje się

$$B\left(Q_{wcz}\right) = \left(\frac{B_r}{a} - B_o\right) th \left[a\frac{R}{B_r} \quad Q_{wcz} - arth \frac{B_r - B_o}{\frac{B_r}{a} - B_o}\right] + B_o \quad /8/$$

Dla przełączenia ze stanu $-B_{r}$ /B_o = 0/ do B

$$B(Q_{wcz}) = \frac{B_r}{a} th \left[a \frac{R}{B_r} Q_{wcz} - arth a \right] = /9a/$$

$$= \frac{B_{r}}{a} th \frac{aR}{B_{r}} \left(Q_{wcz} - \frac{S_{w}}{2} \right)$$
 /9b/

Dla przełączenia ze stanu +B_r w kierunku -B_r przyjmuje się ładunek ze znakiem ujemnym. W dalszej części pracy oparto się głównie na zależności /8/.

3. CYKL ZAPISU

Cyklem zapisu nazwane cykl, w którym następuje zmiana indukcji $z + B_{p}$ do B_{p} /rys.4/.



Rys. 4

*) Oczywiście dla t_{tcz} = t_t Q_{woz} = Q_w = S_w

- 3.1. Ładunek potrzebny do przeniesienia punktu pracy rdzenia z +Br do Br
 - Z /9b/ uwzględniając /4/ otrzymuje się

$$Q_{WCZ} = \frac{S_{W}}{2} \left[1 - \frac{\operatorname{arth} \ a \frac{B_{p}}{B_{r}}}{\operatorname{arth} \ a} \right]$$
 /10/

lub

$$Q_{wcz} = \frac{S_w}{2} \left[1 - \frac{\operatorname{arth} a \left(\frac{2B_o}{B_r} - 1 \right)}{\operatorname{arth} a} \right]$$
 /11/

Dzieląc ładunek Q_{wcz} przez S_w, otrzymujemy wartość znormalizowaną Q_{wczn}

$$Q_{\text{wczn}} = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{\text{arth } a \left(2 \frac{B_o}{B_r} - 1 \right)}{\text{arth } a} \right]$$
 /12/

Przebieg $Q_{wczn}\left(\frac{z_0}{B_r}\right)$ obliczony wg powyższego związku dla różnych współczynników prostokątności przedstawiono na rys.5.



B 17/30/ CZĘŚCIOUE PRZEŁĄCZANIE RDZENI FERRYTOWYCH ...

3.2. Dynamiczna oporność zastępcza rdzenia

Z /2/ przyjmując B_o = O otrzymuje się zależność dynamicznej oporności zastępczej rdzenia dla pełnego przełączania

$$\mathbf{r} (\mathbf{B}) = \mathbf{R} \left[1 - \mathbf{a}^2 \left(\frac{\mathbf{B}}{\mathbf{B}_r} \right)^2 \right]$$
 (13/

Dzieląc przez R otrzymuje się znormalizowaną wartość r. (B):

$$\mathbf{r}_{\mathbf{n}}(\mathbf{B}) = 1 - \mathbf{a}^2 \left(\frac{\mathbf{B}}{\mathbf{B}_{\mathbf{r}}}\right)^2$$
 (14)

Jeżeli przy końcu trwania zapisu $B = B_p > 0$, wtedy maksymalna oporność zastępcza rdzenia

$$\mathbf{r_{Mn}} = \mathbf{r} \left(\mathbf{B}_{\mathbf{p}} \right) = 1 - \mathbf{a}^2 \left(\frac{\mathbf{B}_{\mathbf{p}}}{\mathbf{B}_{\mathbf{r}}} \right)^2$$

ponieważ r(B) jest funkcją monotoniczne rosnącą dla $0 < B < +B_r$. Jeżeli $B_p \le 0$ /rys 4/, wtedy $r_{Mr} = 1$

1 jest równa swojej maksymalnej wartości przy pełnym przełączaniu.

3.3. Napięcia indukowane przy zapisie

Zakładając pole zapisu H (t) = H_M = const oraz $B_o = 0$, na podstawie wzoru /6/ otrzymujemy napięcie indukowane przez rdzeń U(t):

$$\sigma \left[B(t) \right] = C_1 \frac{dB}{dt} = C_2 r(B) H_w = /15a/$$

$$C_{2R} \left[1 - a^{2} \left(\frac{B}{B_{r}} \right)^{2} \right] H_{W}$$
 (15b)

Dzieląc przez C₂KH, otrzymujemy wartość znormalizoweną U_n (B):

$$U_{\rm R}(B) = 1 - a^2 \left(\frac{B}{B_{\rm r}}\right)^2$$
 /16/

· has need to have been and the state of the state

2 /14/ 1 /16/

11

/170/

Podobnie jak dla r_{Mcz}

dla $B_p > 0$ $U_{Mn} = U_{Mn} (B_p) = 1 - a^2 \left(\frac{B_p}{B_r}\right)^2$, dla $B_p \le 0$ $U_{Mn} = 1$.

4. CIKL ODCZITU

Cyklem odczytu nazwano cykl, w którym punkt pracy rdzenia przesuwa się z B_p do $+B_r$ /rys.3/.

4.1. Ladunek potrzebny do zmiany indukcji w rdzeniu z B_D do +B

Do przełączania rdzenia z B do B_r potrzebny jest w przybliżeniu ładunek równy ładunkowi, który przełączył rdzeń z +B_r do B

4.2. Dynamiczna oporność zastępcza rdzenia

Funkcja opisująca zależność dynamicznej oporności zastępczej r_{cz} (B) dana jest wzorem /2/.

Dzieląc wartość r (B) przez czynnik R $\left(1 - a \frac{B_0}{B_r}\right)$ otrzymuje się

$$r_{czn}(B) = 1 - \left(\frac{B - B_o}{B_T - B_o}\right)^2$$
 /17a/

lub

$$\mathbf{r}_{czn}(B) = 1 \begin{bmatrix} 1 - \frac{2B}{B_{p} + B_{r}} \\ - \frac{2B_{r}}{1 - \frac{2B_{r}}{a(B_{p} + B_{r})}} \end{bmatrix}^{2}$$

Ponieważ punkt pracy rdzenia przy przełączaniu go z B > -B porusza się po pętli histerezy zawartej w pętli histerezy dla przełączania przy B =-B H dla pierwszego przypadku jest mniejsze niż dla drugiego. Stąd także wymagany ładunek w pierwszym przypadku jest mniejszy [10].

B 17/30/ CZEŚCIOWE PRZEŁĄCZANIE RDZENI FERRYTOWYCH ...

Maksymalna wartość oporności magnetycznej \mathbf{r}_{Mcz} (B) występuje wtedy, gdy B = B. Z /2/ otrzymujemy

$$\mathbf{r}_{Moz} \left(\mathbf{B}_{\mathbf{o}} \right) = \mathbf{R} \left(1 - \mathbf{a} \frac{\mathbf{B}_{\mathbf{o}}}{\mathbf{B}_{\mathbf{r}}} \right)$$

Dzieląc przez R otrzymujemy

$$\mathbf{r}_{\text{Monn}} \left(\frac{\mathbf{B}_{\mathbf{0}}}{\mathbf{B}_{\mathbf{r}}} \right) = 1 - \mathbf{a} \frac{\mathbf{B}_{\mathbf{0}}}{\mathbf{B}_{\mathbf{r}}} = /18\mathbf{a}/$$

$$1 - \frac{a}{2} \left(1 + \frac{B_{\rm P}}{B_{\rm T}} \right)$$
 /18b,

Na rys. 6 podano rodzinę charakterystyk dla różnych wartości B wykreślonych ne podstawie zależności /18a/.

4.3. Napięcie indukowane przy odczycie

Napięcie indukowane przy odczycie jest /z dokładnością do stałej/ dane wzorem /6/, czyli





$$U_{cz}(B) = C \frac{dB}{dt} = CR \left(1 - a \frac{B_o}{B_r}\right) \left[1 - \left(\frac{B - B_o}{B_r - B_o}\right)^2\right] H_w / 19/$$

Po znormalizowaniu czynnikiem CRH, otrzymuje się

$$U_{csn}(B) = \left(1 - a \frac{B_o}{B_r}\right) \left[1 - \left(\frac{B - B_o}{B_r - B_o}\right)^2\right]$$
 /20/

Maksymalną wartość napięcia U_{cz} (B) oznaczono U_{Mcz} (B). Występuje ona dla B = B_o. Wtedy

$$\mathbf{U}_{\text{Mcz}}(\mathbf{B}) = CR \left(1 - a \frac{B_0}{B_r}\right) \mathbf{H}_{w}$$
 /21/

Dzieląc przez CRH, otrzymuje się

$$U_{Mcnn}(B_{o}) = 1 - a \frac{B_{o}}{B_{r}} = /22a/$$
$$= r_{Mcn}(B_{o}) /22b/$$

4.3.1. Czas trwania impulsu napięcia indukowanego

Przyjęto, że czas trwania impulsu napięcia U_{cz}(t) jest liczony od połowy amplitudy przedniego zbocza impulsu pola H_M do osiągnięcia przez U (t) po przejściu przez swą wartość maksymalną U_{Mcz} wartości 0.1 U_{Mcz}.

Na podstawie zależności /8/ otrzymujemy

$$\mathbf{U}_{ox}(\mathbf{t}) = C \frac{dB}{dt} = C \frac{dB}{dQ_{W}} \frac{d\left(\mathbf{H}_{W}\mathbf{t}\right)}{dt} = C \frac{RH_{W}\left(1 - a\frac{B_{o}}{B_{r}}\right)}{ch^{2}\left(\frac{aR}{B_{r}} + H_{W}\mathbf{t} - arth\frac{1 - \frac{B_{o}}{B_{r}}}{\frac{1}{a} - \frac{B_{o}}{B_{r}}}\right)}$$
 (23/

E 17/30/

Maksymalną wartość napięcia U_{Mcz}(t) otrzymujemy, gdy mianownik /23/ staje się równy jedności. Z warunku

$$U_{cz}$$
 $(t_{tcz}) = 0.1 U_{Mcz}$

otrzymujemy

$$C = \frac{RH_{W}\left(1 - a\frac{B_{0}}{B_{r}}\right)}{ch^{2}\left(\frac{aR}{B_{r}}H_{W}t_{tos} - arth\frac{1 - \frac{B_{0}}{B_{r}}}{\frac{1}{a} - \frac{B_{0}}{B_{r}}}\right)} = 0.1 CR_{M}H_{W}\left(1 - a\frac{B_{0}}{B_{r}}\right)$$
 /24/

oraz w przybliżeniu

lub

$$t_{tcz} \stackrel{g}{=} \frac{B_{r}}{aR H_{W}} \left(1.82 + \operatorname{arth} \frac{1 - \frac{B_{o}}{B_{r}}}{\frac{1}{a} - \frac{B_{o}}{B_{r}}} \right)$$
 /25/

Celem określenia wartości znormalizowanej t_{tozn} wyznaczamy maksymalny czas trwania impulsu dla B_c = 0

$$t_{t} = \frac{B_{r}}{aRH_{w}} \left(1.82 + arth a \right).$$
 /26/

Dzieląc t_{tez} przez t_t otrzymujemy

$$t_{tczn} = \frac{t_{tcz}}{t_t} = \frac{1 - \frac{B_o}{B_r}}{1.82 + \operatorname{arth}} \frac{1 - \frac{B_o}{B_r}}{1 - \frac{B_o}{B_r}}$$

$$t_{tezn} = \frac{1.82 + \operatorname{arth}}{1.82 + \operatorname{arth}} \frac{1 - \frac{B_p}{B_r}}{\frac{2 - a}{a} - \frac{B_p}{B_r}}$$

12701

1272/

Zależność /27a/ w postaci krzywej jest pokazana na rys.7. Dla 0.8 $\leq a \leq 0.95$ i $\frac{B_0}{B_r} \leq 0.9$ obliczenia wykonano z dokładnością większą od 2 %.



Rys. 7. Wykres funkcji znormalizowanego czasu trwania częściowego przełączania rdzenia

4.3.2. Czas t_{DCZ} osiągnięcia maksimum napięcia indukowanego

Czas osiągnięcia maksimum liczono od połowy amplitudy przedniego zbocza impulsu pola H_M do chwili osiągnięcia maksymalnej wartości przez napięcie $U_{cz}(t)$ indukowanego przez rdzeń.

Na podstawie /23/ U_{cz}(t) osiąga maksimum wtedy, gdy argument funkcji ch osiąga wartość zera:

$$a \frac{R}{B_{r}} H_{w} t_{pcz} - arth \frac{1 - \frac{B_{o}}{B_{r}}}{\frac{1}{a} - \frac{B_{o}}{B_{r}}} = 0$$
 /28/

a filtra 4 SS.

Stad

ċ

5

$$t_{pcz} = \frac{B_r}{aRH_w} \text{ arth } \frac{1 - \frac{B_o}{B_r}}{\frac{1}{a} - \frac{B_o}{B_r}}$$

Dla pełnego przełączenia rdzenia

$$t_p = \frac{B_r}{a R_H H_W}$$
 arth a

Dzieląc t_{pcz} przez t_p otrzymuje się

$$t_{pczn} = \frac{t_{pcz}}{t_p} = \frac{\frac{1 - \frac{B_o}{B_r}}{\frac{1}{a} - \frac{B_o}{B_r}}}{\frac{1}{arth \ a}}$$

Na podstawie /31/ wykonano rodzinę charakterystyk dla różnych wartości a, pokazaną na rys.8.



129/

130/

/31/

5. POMIARY

Celem niniejszych pomiarów było sprawdzenie otrzymanych zależności, sprawdzenie ich przydatności do obliczeń częściowego przełączania rdzenia, przystosowanie do praktycznego wykorzystania oraz ocena krajowych ferrytów z mas R1, R2 i R3 pod względem przydatności do pracy z częściowym przełączaniem. Wykonano pomiary rdzeni o następujących wymiarach geometrycznych:

średnica zewnętrzha $\not g_z = 1.3 \, \text{mm}$ średnica wewnętrzna $\not g_W = 0.7 \, \text{mm}$ wysokośćh = 0.5 \, \text{mm}

Rdzenie te posiadają wartość H.:

 R2 - 41 A/m $/ \equiv 0.13 \text{ Azw}$

 R1 - 70 A/m $/ \equiv 0.22 \text{ Azw}$

 R3 - 95 A/m $/ \equiv 0.30 \text{ Azw}$

Schemat blokowy układu pomiarowego jest pokazany na rys.9.



Rys. 9. Schemat blokowy stanowiska pomiarowego

Generator impulsów prądu wykonany w technice tranzystorowej dostarczał impulsów o czasach narastania i opadanie poniżej 40 ns, czasie trwania do 0.9 ps i amplitudzie do 0.7 Å.

B 17/30/ CZĘŚCIOWE PRZEŁĄCZANIE RDZENI PERRYTOWYCH...

Integerator wykonany w technice lampowej wykorzystywał efekt liniowej zależności napięcia na kondensatorze od żadunku. W wykorzystywanym zakresie, przy całkowaniu impulsu prostokątnego na ekranie oscyloskopu przebieg nie wykazywał zauważalnych odchyleń od przebiegu liniowego. Opóźnienie integratora wynosiło 30 ns.

5.1. Pomiar $U_{Mczn} = f(H_z)$, $H_{od} = const.$

Dla materiałów ferrytowych statyczna pętla histerezy zależy od maksymalnej wartości pola jaka w przeszłości została przyłożona [8] . Na rys.10 pokażano rodzinę statycznych pętli dla różnych pól maksymalnych. B



Rys. 10

Dlatego należy uważać, aby w czasie cyklu odczytu punkt pracy rdzenia był umieszczony zawsze na właściwej pętli.

Dla oceny wpływu zmian statycznej pętli histerezy zdjęto charakterystyki $U_{M} = f(H_{z})$ przy $H_{od} = const.$ W cyklu odczytu rdzeń był sprowadzany do stanu +B_r prostokątnym impulsem pola H_{od} o stałoj amplitudzie. W cyklu zapisu rdzeń był przełączany do stanu B_p prostokątnym impulsem pola H_{z} o zmiennej amplitudzie. Ponieważ pomiary te wykonano przy stałych czasach trwania impulsów H_{z} 1 H_{od} równych 0.9 µs, za zmienną można uważać także ładunek zastępczy Q_{w} . Na rys.11 podano, znormalizowane w stosunku do wartości dla dużych pól H_z , zależności $U_{Mczn} = f(H_z)$.



Rys. 11. žnormalizowane wykresy funkcji maksymalnej szplitudy napięcia w funkcji pola sapisu dla mas R1, R2 i R3

W zakresie do osiągnięcia maksimum przez $U_{MCZ}(H_z)$ /wewnątrz pętli dla $H_z = H_{od} = H_o/$ rdzeń jest częściowo przełączany, poza nim występuje pełne przełączanie rdzenia. Wpływ wzrostu amplitudy H_z na U_{M} /dla pełnego przełączania/ można wyjaśnić w następujący sposób: niech \overline{H}_z oznacza wartość H_z , dla której funkcja $U_{MCZ}(H_z)$ osiąga wartość maksymalną. Polu \overline{H}_{z1} odpowiada pewna statyczna pętla histerezy P_1 /rys.12/ oraz wartość pola progowego H_{o1} . Przyłożenie pola $H_z > H_{z1}$ powoduje wejście na pętlę F_2 , której $H_{o2} > H_{o1}$. 2





Ponieważ H_{od} ma w obu przypadkach stałą wartość, wypadkowe pole przełączające rdzeń w pierwszym przypadku $H_{w1} = H_{od} - H_{o1}$, w drugim $H_{w2} = H_{od} - H_{o2}$ czyli $H_{w1} > H_{w2}$, więc zgodnie z /6/ dla większego pola H_z napięcie U_M będzie się zmniejszać. Przy dalszym wzroście pola H_z napięcie U_M ustala się. Przy wykorzystywaniu ferrytów z prostokątną pętlą histerezy na ogół bardziej interesująca jest zmiana strumienia, niż jego wartość. Z tego powodu U_{Mcz} , t_{tcz} i t_{pcz} zostały przedstawione w funkcji B_{c} , a nie W_{w2}^{B} .

5.2. Pomiar $Q_{wczn} = f \frac{B_o}{B_n}$ dla cyklu zapisu.

Na rys.13 podano zmierzone zależności znormalizowanego ładunku w funkcji Bo dla wszystkich rodzajów mas oraz dla porównania Br jedną krzywą obliczoną. Zgodność wszystkich przebiegów jest dostateczna. Zależności powyższe są prawdziwe, jeżeli minimalna amplituda prądu przełączającego jest w stanie przełączyć najbardziej zewnętrzną warstwę rdzenia. W przeciwnym razie chociaż ładunek będzie większy od maksymalnego, przełączone będą tylko wewnętrzne warstwy rdzenia. Bezwzględny ładunek dla przełączenia rdzenia z Bo Br do

21



5.3. Pomiar $U_{Mczn} = f \begin{pmatrix} B_o \\ B_r \end{pmatrix}$ dla cyklu odczytu.

Typowy przebieg zależności $U_{Mcz} = f\left(\frac{B_o}{B_r}\right)$, oparty na pomiarach, pokazany jest na rys.14.



Występowanie maksimum U_{Mcz} = U_M jest spowodowane wzrostem H_o 9 = 0 /analogicznie jak w punkcie 5.1./. w pobliżu

Dla $B_0 = B_r$ $U_{Mcz} \neq 0$ dlatego, że $\frac{B_r}{B_c} < 1$, więc jest jeszcze możliwa zmiana strumienia pod wpływem Hod.

Do normalizacji przebiegu przyjęto wartość napięcia $\overline{U_{\mu}}$, którą botrzymuje się przedłużając prostoliniowy odcinek przebiegu $\overline{U_{\mu}}$ cz $\left(\frac{B}{B}\right)$ aż do przecięcia z osią U_{Mcz} . Wtedy dla $\frac{B_o}{B_c}$ w zakresie od 0.2 do 0.9 dla mierzonych mas zgodność z teorią jest dosyć dobra.

Zmierzone zależności $U_{Mczn}\left(\frac{B_{O}}{B_{-}}\right)$ podano na rys.15. Przy pomiarach rdzeni przeznaczonych do pracy z częściowym przełączeniem niewygodne jest szukanie $\overline{U_M}$ na podstawie charakterystyki $\overline{U_{MCZ}} = 1$ natomiast w prosty sposób można mierzyć U., Dlatego poniżej podano dla mierzonych mas stosunek Un/Un obliczony na podstawie Fy8.15:





Prace IMM

masa	UM/UM
R1	0.87
R2	0.83
R3	0.82

Praktycznie można przyjąć, że $U_{M}/\overline{U_{M}} = \text{const.}$

5.4. Pomiar $t_{tczn} \begin{pmatrix} B_0 \\ B_r \end{pmatrix}$ i $t_{pczn} \begin{pmatrix} B_0 \\ B_r \end{pmatrix}$ dla cyklu odczytu.

Na rys. 16 i 17 pokazane są zależności cząsu trwania impulsu t_{tezn} i czasu maksimum t_{pezn} w funkcji $\frac{B_0}{B_r}$ dla mierzonych rdzeni. Czas trwania mierzono od chwili osiągnięcia przez prąd przelączający 0.5 wartości swojej amplitudy aż do osiągnięcia przez napięcie indukowane przez rdzeń wartości 0.10 po przejściu przez maksimum. Czas maksimum mierzono od osiągnięcia 0.5 amplitudy przez pole przelączające do chwili osiągnięcia wartości maksymalnej przez napięcie U_{cz} .

Okazało się, że zmierzony czas trwania jest mniejszy od obliczonego. Stosunek wartości czasu zmierzonego do obliczonego zmienia się ze wzrostem $\frac{B}{D_0}$ /rys.16/. Zmierzony czas maksimum t_{pczn} jest także mniejszy od obliczonego /rys.17/. Na rys. 17 linią ciągłą narysowano zmierzoną zależność t_{pczn} od $\frac{B_0}{B_r}$. Linią przerywaną zaznaczono przewidywany przebieg po uwzględnieniu czasu narastania impulsu pola H_{od} , który dla $\frac{B_0}{B_r} = 1$ jest rzędu 0.2 t_{pn} . Z pomierów dla wypadkowego pola odczytu $H_{wod} = 95$ A/m/ = 0.3 Azw/ otrzymano następujące wartości:

masa	[ns ^t p]	[ns] ^t t
R1	160	360
R2	120	300
R3 /	250	5 50

L. Gilli i A.R. Meo [2] uważają, że skończona grubość rdzenia jest wynikiem rozbieżności pomiędzy teorią i doświadczeniem doty-







czących częściowego przełączania rdzenia. Warstwy wewnętrzne rdzenia przełączają się wtedy szybciej, niż zewnętrzne. R. McKay i K. Smith $\begin{bmatrix} 5 \end{bmatrix}$, którzy użyli do pomiarów rdzenia cienkościennego /* = 1.52 mm, * = 1.27 mm/ uważają, że rozbieżności w tej dziedzinie są spowodowane niedostateczną znajomością procesu przełączania rdzenia.

6. WINIOSKI

Stosując przyjęty model przełączania rdzenia z prostokątną pętlą histerczy uzyskano wystarczającą zgodność pomiarów z obliczeniami.

Uzyskane wyniki umożliwiają

- określenie parametrów napięcia indukowanego przy częściowym przełączaniu rdzenia /amplituda napięcia, czas trwania i czas maksimum/,
- określenie parametrów prądów przełączających rdzeń,
- narzucenie warunków na układy współpracujące ",
- narzucenie warunków selekcji rdzeni przeznaczonych do pracy z częściowym przełączaniem a selekcjonowanych w urządzeniach pracujących z pełnym przełączaniem.

Autor pragnie podziękować mgr inż. Z. Wrzeszczowi za uwagi i zachętę do wykonania tej pracy oraz mgr J. Strusiowi za wykonanie aparatury i pomoc w pomiarach.

np. w pracy [6] została podana m. in. ocena jakości tranzystorów do układów odczytu i zapisu dla uzyskania przyjętego czasu cyklu ferrytowej pamięci operacyjnej. B 17/30/

Idteratura

- 1. EDVARDS D.B.G. 1 in.: Ferrite Core Memory System with Rapid Cycle Times, Proc. IEE 1960:107 B.
- QILLI L., MBO A.R.: On Partial Switching in Magnetic Cores, Alta frequenzs 1965:3
- GYORGY E.M.: Flux Reversal in Soft Ferromagnetics, J.Appl. Phys., Suppl. May 1960:31, 5.
- MoKAY R.W.: Reversible Component of Magnetization, J.Appl. Phys., Suppl., April 1959:30, 4.
- 5. MCKAY R.W., SMITH K.C.: Effect of Previous History on Switching Rate in Ferrites, J.Appl. Phys., Suppl., May 1960:31, 5.
- 6. LINDSEY C.H.: The Square-Loop Ferrite Core as a Circuit-Element, Proc. IEE 1959:106, C, 10.
- 7. MOMAHON R.B.: Impulse Switching of Ferrites, Solid State Circuits Conference, Digest of Technical Papers, Februar 1959:16-17.
- 8. PIROGOW A.I., SZAMAJEW J.M.: Magnitnyje serdečniki s priamougolnoj petlej gisterezisa, Energia, 1964.
- 9. SZAMAJEW J.M.: Charakteristiki serdeonikov pri rabote po častionych oiklach v sverchoperativnych zapominajuščich ustrojstvach /red. L.P. Krajzmer, Operativnyje i postojannyje zapominajuščije ustrojstva/, Energia, Moskwa - Leningrad 1965.
- 10. SZAMAJEW J.M., PIROGOW A.J., BELAJEW W.P.: Impulsnoje permagnicivanije ferritov s priamougolnoj petlej gisterezisa, Ferrity, A.N. ESSP, Mińsk 1960.
- 11. RHOGES W.H., RUSSEL L.A., SAKALAY F.E., WHALEN R.M.: A 0.7 Microsecond Ferrite Core Memory, JEM J., 1961:5, 3.
- 12. SHEVEL W.L.: Threshold Properties of Partially Switched Cores, J.Appl. Phys. 1962:33, 3.
- SIMKINS Q.W.: The State of the Magnetic Memories, J.Appl. Phys., Suppl., March 1962:33, 5.
- 14. SFERRINO Y.J.: Wescon Convention Record, August 1959:4.
- 15. TANCRELL R.H., Mc MAHON R.E.; Studies in Partial Switching of Ferrite Cores, J.Appl. Phys. 1960;31, 5.
- 16. Z. WRZESZCZ: O projektowaniu układów sterujących pamięci na rdzeniach ferrytowych z częściowym przełączaniem, Prace IMM, Warszawa 1967:B 16/29/

PARTIAL SWITCHING OF FERRITE CORES WITH A RECTANGULAR HISTERESIS LOOP

Summary

The paper presents the computing of parameters of a voltage pulse induced by a switching core, carried out on the basis of the model of a switching core with a rectangular histeresis loop, given in "Magnitnyje serdecniki s priamougolnoj petlej gisterezisa" by A.J. Pirogov and J.M. Shamajev. Dependences have been found between the parameters of the voltage pulse for partial and full switching of the core. Results have been experimentally checked showing their conformity with the computations made.



BIBLIOTEKA GLOWNA Politechniki Śląskiej 2225 66/67 210

