

1 1971



P. 2229/71

prace

**Instytutu
Maszyn
Matematycznych**

rok XIII

1 1971



P. 2229/71

prace

Instytutu
Maszyn
Matematycznych

Copyright © 1971 - by Instytut Maszyn Matematycznych
Poland

Wszelkie prawa zastrzeżone

Komitet Redakcyjny

Bartłomiej GŁOWACKI, Jerzy GRADOWSKI /redaktor naczelny/
Andrzej KOJEMSKI, Włodzimierz MARDAL /z-ca redaktora naczelnego/

Jan RELUGA

Sekretarz Redakcji: Romana NITKOWSKA

Adres Redakcji: Instytut Maszyn Matematycznych
Branżowy Ośrodek ITE

Warszawa, ul. Krzywickiego 34, tel. 28-37-29

Powielono w Warszawskiej Drukarni Naukowej w nakładzie 350 + 25 egz.
Zam. 593/O/1971.

S P I S T R E Ś C I Z E S Z Y T U 1
 С О Д Е Р Ж А Н И Е
 C O N T E N T S

	str.
1. Majerski S.	
Zastosowanie algorytmów Moore'a i Lee'a do wyznaczania optymalnych połączeń gwiazdzystych	5
Применение алгоритмов Мура и Ли для определения оптимальных звездобразных соединений (Резюме).	21
Application of Moore and Lee's Algorithms for the Definition of Optimal Star Connection /Summary/	22
2. Parvi S.	
Zagadnienia konstrukcji i technologii głowic pamięci bębnowych i dyskowych	23
Вопросы по конструкции и технологии головок запоминающих устройств на магнитных барабанах и дисках (Резюме)	63
The Problem of the Construction and Technology of Magnetic Drum and Disk Memory Heads /Summary/	64
3. Oblamski A., Wolszczak S.	
Urządzenie do wizualnej kontroli stanów pamięci	65
Устройство для визуального контроля состояний памяти (Резюме)	80
A Device for Storage State Visual Control /Summary/...	82
4. Ekner J.	
Podstawowe materiały do produkcji dwu i wielowarstwowych płytek z obwodami drukowanymi	85
Основные материалы для производства дву- и многослойных печатных плат (Резюме)	107
Basic Materials for Both Sides and Multilayer Printed Circuit Boards /Summary /	109
5. Autorzy artykułów zamieszczonych w zeszycie 1/71	111
6. Wykaz artykułów opublikowanych w PRACACH IMM w roku 1970	113

ZASTOSOWANIE ALGORYTMÓW MOORE'A I LEE'A
DO WYZNACZANIA OPTYMALNYCH POŁĄCZEŃ
GWIAZDZISTYCH

Stanisław MAJERSKI
Pracę złożono 9.09.1970

Przedstawiono metody wyznaczania najkrótszego połączenia trzech węzłów siatki prostokątnej, biegnącego wzdłuż linii prostych tworzących tę siatkę i omijającego zadane węzły oraz metodę wyznaczania optymalnego połączenia w kształcie gwiazdy, łączącego dane węzły labiryntu.

Opisane metody mogą znaleźć zastosowanie w takich zagadnieniach, jak automatyczne projektowanie obwodów drukowanych przy użyciu maszyn cyfrowych, wyznaczanie optymalnej lokalizacji zakładu przemysłowego ze względu na transport surowców itp.

1. WSTĘP

Algorytmy wyznaczania najkrótszej trasy łączącej dwa punkty były omawiane między innymi przez Moore'a [1] i Lee [2].

Praca Moore'a [1] dotyczyła labiryntu złożonego z pewnej liczby węzłów i odcinków łączących te węzły i zawierała między innymi algorytm wyznaczania trasy łączącej dwa zadane węzły labiryntu i złożonej z minimalnej liczby odcinków oraz algorytm wyznaczania takiej trasy łączącej dwa zadane węzły labiryntu, która jest najkorzystniejsza ze względu na czas lub koszt przebycia.

W pracy Lee [2] przedstawiono między innymi algorytm umożliwiający znalezienie najkrótszej trasy łączącej dwa węzły

siatki prostokątnej, przy założeniu, że trasa ta przebiega wzdłuż linii wzajemnie prostopadłych tworzących siatkę prostokątną i omija zadane z góry węzły, przez które prowadzenie połączeń jest zabronione.

Wymienione algorytmy pozwalają wyznaczyć funkcję, która każdemu węzłowi labiryntu lub siatki prostokątnej przyporządkowuje liczbę wyrażającą minimalną odległość tego węzła od z góry zadanego węzła /odległość mierzoną liczbą odcinków łączących węzły labiryntu lub liczbą krawędzi oczek siatki prostokątnej/ oraz pozwalają wyznaczyć, dla każdych dwóch węzłów, łączącą je minimalną trasę /której długość wspomniana funkcja wyraża/.

W pracy niniejszej pokazano jak za pomocą algorytmów Moore'a i Lee'a z prac [1], [2], stosując dodawanie kilku funkcji wyrażających odległości odpowiednich węzłów, lub innych prostych funkcji z nich wynikających, można wyznaczyć połączenia w kształcie gwiazdy, optymalne ze względu na pewne określone cechy.

W szczególności przedstawiono kilka metod wyznaczania najkrótszego połączenia łączącego trzy węzły siatki prostokątnej, oraz metodę wyznaczenia optymalnego, ze względu na koszt transportu, połączenia gwiazdzistego łączącego pewną liczbę węzłów labiryntu.

Metody te mogą znaleźć zastosowanie w automatycznym projektowaniu /na maszynie cyfrowej/ ścieżek połączeń obwodów drukowanych, jak również mogą służyć do rozwiązywania, przy użyciu maszyny cyfrowej, takich zagadnień, jak np. wyznaczanie optymalnej lokalizacji zakładu przemysłowego ze względu na minimalny koszt transportu surowców itp.

Z uwagi na to, że niniejsza praca nie zawiera opisu algorytmów Moore'a i Lee'a z prac [1] i [2], na których opierają się opisane metody, zaleca się czytelnikowi wcześniejsze zapoznanie z tymi pracami, lub przynajmniej z pracą [1].

2. NAJKRÓTSZE POŁĄCZENIE TRZECH WĘZŁÓW SIATKI PROSTOKĄTNEJ

Weźmy pod uwagę siatkę prostokątną dzielącą określoną część płaszczyzny, na jednakowe kwadraty. Przedstawimy kilka metod wyznaczenia najkrótszego połączenia trzech zadanych węzłów tej siatki prostokątnej przy założeniu, że trasy łączące te trzy węzły biegą wzdłuż odcinków linii prostych tworzących siatkę prostokątną i omijają określone węzły, przez które prowadzenie połączenia jest zabronione.

Wyznaczenie najkrótszego połączenia trzech zadanych węzłów siatki prostokątnej sprowadza się do znalezienia takiego węzła tej siatki, dla którego suma najkrótszych tras łączących go z danymi trzema węzłami jest najmniejsza i następnie - do wyznaczenia tych najkrótszych tras. Poszukiwanym węzłem może oczywiście w szczególnym przypadku okazać się jeden z zadanych trzech węzłów. W przypadku takim długość jednej z poszukiwanych trzech tras redukuje się do zera.

Jeśli wspomniany węzłowy punkt połączenia nie będzie spełniał wymienionego wyżej warunku, wówczas długość połączenia, jako równa sumie długości trzech /lub dwóch/ tras składowych, musiałaby być oczywiście większa od minimalnej.

Algorytm Lee'a z pracy [2] pozwala wyznaczyć funkcję, która każdemu węzłowi siatki prostokątnej /oprócz tych węzłów, przez które prowadzenie połączenia jest zabronione/ przyporządkowuje liczbę wyrażającą minimalną odległość tego węzła od z góry zadanego węzła /odległość mierzona np. liczbą krawędzi oczek siatki prostokątnej/. Funkcje wyrażające minimalne odległości węzłów siatki prostokątnej od zadanych węzłów A, B, C oznaczają będziemy dalej przez f_A , f_B , f_C .

Zakładając, że dla danej siatki prostokątnej wyznaczone zostały dla trzech wybranych węzłów A, B, C funkcje f_A , f_B , f_C utwórzmy funkcję $f_A + f_B + f_C$. Przedstawia ona minimalną sumę odległości każdego węzła siatki prostokątnej /przez który prowadzenie połączenia jest dopuszczalne/ od danych trzech węzłów A, B, C. Funkcja ta posiada oczywiście minimum /zakła-

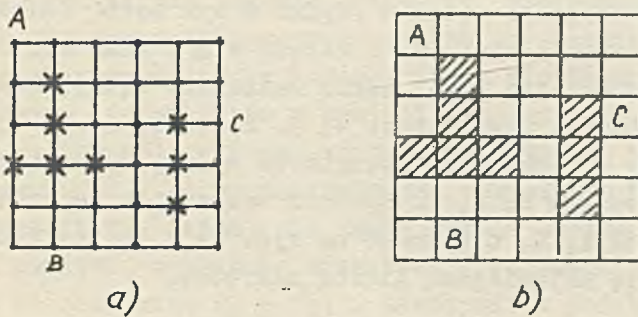
damy, że liczba węzłów siatki prostokątnej jest skończona/. Załóżmy, że węzłem, w którym funkcja $f_A + f_B + f_C$ przyjmuje minimum jest węzeł S. Jak poprzednio wspomniano węzeł ten posiada tę właściwość, że suma trzech najkrótszych tras połączeń tego węzła z węzłami A, B, C stanowi najkrótsze połączenie łączące punkty A, B, C. Najkrótsze trasy połączeń SA, SB, SC można wyznaczyć stosując dla każdej z nich algorytm Lee z pracy [2].

Funkcja $f_A + f_B + f_C$ może oczywiście przyjmować wartość minimalną dla kilku różnych węzłów. W szczególnym przypadku jednym z takich węzłów może być również, jak wcześniej wspomniano, jeden /lub więcej/ z węzłów A, B, C. Może istnieć także kilka równoważnych, najkrótszych połączeń łączących dwa dane węzły. W każdym z tych przypadków można wybrać dowolne z minimalnych połączeń, a powstałą możliwość wyboru wykorzystać do dodatkowego zoptymalizowania połączenia ze względu na inne cechy.

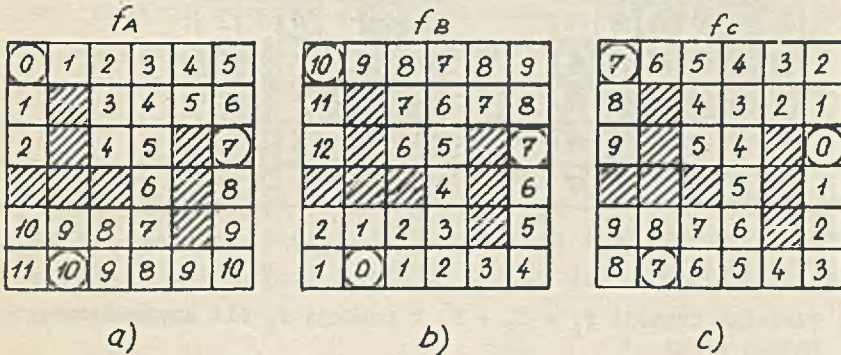
Do zilustrowania opisanej metody wyznaczania najkrótszego połączenia trzech węzłów weźmy pod uwagę pokazaną na rys. 1a siatkę prostokątną, zawierającą $6 \times 6 = 36$ węzłów; wybrane trzy węzły, które należy połączyć oznaczono literami A, B, C, a kilka innych węzłów, przez które prowadzenie połączeń jest zabronione - oznaczono krzyżykami.

Siatkę z rys. 1a wygodnie jest przedstawić graficznie w sposób pokazany na rys. 1b, przyporządkowując poszczególnym węzłom odpowiednie kratki, w które wpisywać można informacje dotyczące tych węzłów. Węzłom A, B, C przyporządkowano na rys. 1b kratki zawierające te litery, natomiast węzłom, przez które prowadzenie połączeń jest zabronione - przyporządkowano kratki zakreskowane.

Wartości funkcji f_A, f_B, f_C , wyznaczone za pomocą algorytmu Lee'a z pracy [2] dla wszystkich węzłów omawianej siatki prostokątnej /przez które można prowadzić połączenia/, pokazano kolejno na rys. 2a, 2b, 2c, zaznaczając kółkami węzły A, B, C.



Rys. 1. Przykład siatki prostokątnej i jej przedstawienie graficzne

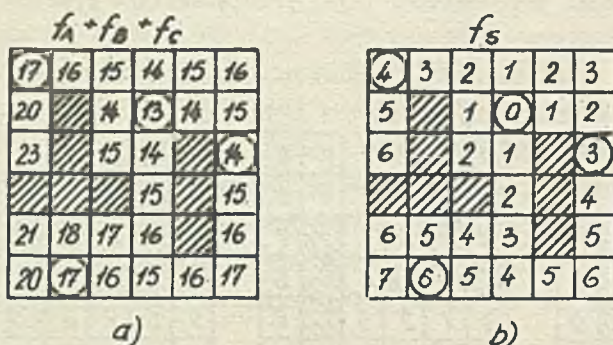


Rys. 2. Wartość funkcji f_A , f_B , f_C dla siatki prostokątnej z rys. 1

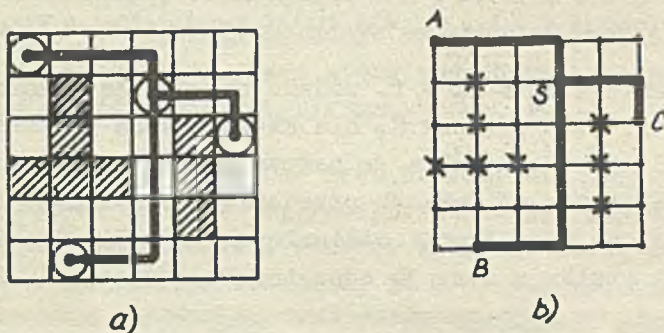
Wartości funkcji $f_A + f_B + f_C$ podano na rys. 3a zaznaczając kółkami węzły A, B, C i węzeł S, dla którego suma najkrótszych tras SA, SB, SC jest minimalna /w naszym przykładzie wynosi 13 jednostek/. Następnie na rys. 3b przedstawiono wartości funkcji f_S służącej do wyznaczenia minimalnych tras SA, SB, SC /mających, jak wynika z rys. 3b odpowiednio długości 4, 6, 3/. Wreszcie na rys. 4a i 4b przedstawiono najkrótsze połączenie łączące węzły A, B, C /długość połączenia wynosi $4 + 6 + 3 = 13$ /. Połączenie to obejmuje oczywiście węzeł S.

Warto zaznaczyć, że w omawianym przykładzie istnieje kilka równoważnych "najkrótszych" połączeń węzłów A, B, C. Każde z

tych połączeń obejmuje węzeł S /tylko w tym węźle funkcja $f_A + f_B + f_C$ posiada minimum/ i składa się z tras AS, BS, CS przechodzących kolejno przez takie sąsiednie węzły, którym na rys. 3b odpowiadają ciągi liczb 4, 3, 2, 1, 0; 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0; 3, 2, 1, 0, przy czym początkowe wyrazy tych ciągów odnoszą się do węzłów A, B, C. Spośród wszystkich najkrótszych połączeń węzłów A, B, C wybrano na rys. 4a i 4b to, które charakteryzuje się najmniejszą liczbą zakrętów.



Rys. 3. Wartości funkcji $f_A + f_B + f_C$ i funkcji f_S dla siatki prostokątnej z rys. 1



Rys. 4. Najkrótsza trasa łącząca węzły A, B, C

Może powstać pytanie, czy konieczne jest wyznaczanie wartości funkcji f_S /podanych na rys. 3b/ jeśli, po znalezieniu węzła S, trasy AS, BS, CS mogą być także wyznaczone na pod-

stawie wartości funkcji f_A, f_B, f_C /podanych na rys. 2a, 2b, 2c/. Otóż należy zwrócić uwagę, że stosowanie opisanej metody w obliczeniach przeprowadzonych na maszynie cyfrowej wymaga zarezerwowania dla każdego węzła siatki prostokątnej odpowiedniej liczby bitów w pamięci maszyny, co przy dużej liczbie węzłów może wymagać znacznej objętości pamięci. W takim przypadku, po wyznaczeniu dla wszystkich węzłów wartości funkcji f_A można, dla zmniejszenia wykorzystywanego obszaru pamięci, w trakcie wyznaczania wartości funkcji f_B tworzyć od razu sumę $f_A + f_B$, a następnie w podobny sposób sumę $f_A + f_B + f_C$. Wymaga to zapamiętania w danej chwili, dla każdego węzła, tylko jednej liczby oraz jednego dodatkowego bitu /do oznaczenia tych węzłów, dla których wartość kolejnej funkcji została już wyznaczona/. Tak więc przy obliczeniach przeprowadzonych na maszynie cyfrowej mogą być dla każdego węzła pamiętane w tych samych miejscach pamięci kolejno wartości funkcji $f_A, f_A + f_B, f_A + f_B + f_C$. W takim przypadku, w chwili znalezienia węzła S nie są już pamiętane wartości żadnej z funkcji f_A, f_B, f_C , wymagana jest zatem kolejna rekonstrukcja wszystkich tych funkcji, lub wyznaczenie tylko jednej funkcji f_S , co jest oczywiście znacznie prostsze.

Opisana metoda posiada z punktu widzenia stosowania maszyn cyfrowych tę wadę, że wymaga stosunkowo dużego obszaru pamięci, wynikającego z konieczności zarezerwowania dla każdego węzła siatki prostokątnej miejsca na zapamiętanie maksymalnej możliwej wartości funkcji $f_A + f_B + f_C$.

Znacznie mniejszego obszaru pamięci, ale za to większej szybkości maszyny cyfrowej wymaga druga z proponowanych metod.

Poszukiwanie w tej metodzie węzła S, dla którego suma odległości od danych węzłów A, B, C jest najmniejsza, odbywa się w ten sposób, że kolejno dla każdego węzła X siatki prostokątnej, przez który mogą przebiegać połączenia wyznacza się sumę $f_x(A) + f_x(B) + f_x(C)$, pamiętając jednak w każdej chwili

głości od węzła X/, przyjmować kolejne wartości ciągu 1, 1, 2, 2, 1, 1, 2, 2, ... Jest to tzw. zmodyfikowany algorytm Lee'a opisany przez Akersa w pracy [3]. Wraz z wartością 0 dla początkowego braku fal, sposób ten wymaga możliwości zapamiętania w pamięci trzech różnych wartości, a więc również dwóch bitów, dla każdego węzła siatki prostokątnej. Oprócz tego wspomniany algorytm wymaga pamiętania położenia /adresów/ węzłów dla dwóch sąsiednich fal w trakcie tworzenia drugiej z nich.

Najkorzystniejszym, z punktu widzenia wykorzystania obszaru pamięci, sposobem wyznaczenia odległości węzłów A, B, C od danego węzła X jest sposób wykorzystujący algorytm podany przez Moore'a w pracy [1] i nazwany tam algorytmem C. Polega on na tym, że poszczególnym węzłom przypisuje się w odpowiedniej kolejności same jedynki, a mianowicie w pierwszym kroku, węzłom sąsiadującym z węzłem X, a w każdym następnym kroku węzłom sąsiadującym z węzłami znalezionymi w poprzednim kroku. Liczy się przy tym liczbę kroków i zapamiętuje położenie /adresy/ węzłów znalezionych w przedostatnim i ostatnim bieżącym kroku. Sposób ten wymaga zarezerwowania jednego bitu pamięci na każdy węzeł siatki prostokątnej i oprócz tego możliwości zapamiętania położenia /adresów/ maksymalnej liczby węzłów znajdujących w dwóch kolejnych krokach. Liczba kroków, w których osiąga się węzły A, B, C jest miarą odległości tych węzłów od węzła X.

Każdy z opisanych wyżej sposobów prowadzi do znalezienia sumy odległości węzłów A, B, C od węzła X. Sumę odległości od węzłów A, B, C wyznaczamy kolejno dla każdego węzła, przez który można prowadzić połączenie, zapamiętując jednak w każdej chwili wartość tej sumy i położenie tylko dla jednego węzła, mianowicie tego, dla którego suma ta jest mniejsza od pamiętanej poprzednio. W ten sposób otrzymujemy w końcu sumę odległości od węzłów A, B, C i położenie takiego węzła S, dla którego suma ta jest najmniejsza.

Wyznaczenie połączeń między parami punktów AS, BS, CS może odbywać się zarówno przy użyciu algorytmu Lee'a opisanego przy pierwszej metodzie, jak i innymi sposobami wymagającymi mniejszego obszaru pamięci maszyny cyfrowej. W przypadku, gdy dla wszystkich węzłów, przez które można prowadzić połączenia znane są wartości funkcji $f_S(\text{Mod } 3) + 1$ /algorytm B Moore'a z pracy [1]/, lub przyporządkowane są wyrazy ciągu 1, 1, 2, 2, 1, 1, 2, 2, ... /zmodyfikowany algorytm Lee'a opisany przez Akersa w pracy [3]/, sposób wyznaczania tras połączeń AS, BS, CS jest podobny jak dla opisanego poprzednio algorytmu Lee'a. Natomiast w przypadku, gdy w kolejnych krokach wszystkim węzłom przyporządkowuje się same jedynki, sposób postępowania jest trochę inny i wymaga oddzielnego opisu.

Jeśli mianowicie w kolejnych krokach przypisuje się jedynki kolejnym warstwom węzłów otaczających węzeł S, zgodnie z podanym przez Moore'a algorytmem C, to węzeł A osiąga się w $f_S(A)$ -tym kroku i trasę połączenia AS wyznacza się w sposób niżej opisany:

- w pierwszym etapie wymazuje się wszystkie jedynki i wpisuje ponownie w kolejnych $f_S(A) - 1$ warstwach otaczających węzeł S, co wymaga $f_S(A) - 1$ kroków, po czym w skład połączenia AS wlicza się jeden spośród tych węzłów sąsiadujących z węzłem A, którym przypisano jedynki.
- w każdym kolejnym etapie wymazuje się znowu wszystkie jedynki i wpisuje je ponownie, ale w mniejszej o jedność liczbie kroków niż w poprzednim etapie, po czym w skład połączenia wlicza się jeden spośród tych węzłów sąsiadujących z węzłem wyznaczonym ostatnio, którym przypisano jedynki.

W ten sposób w $f_S(A) - 1$ etapach wyznacza się $f_S(A) - 1$ węzłów należących do połączenia AS i leżących między tymi węzłami. W analogiczny sposób wyznacza się trasy połączeń BS i CS. Wszystkie trzy połączenia AS, BS, CS mogą być zresztą wyznaczone równocześnie, przy czym łączna liczba etapów, w których wymazuje się i ponownie przypisuje jedynki węzłom otaczającym

węzeł S , równa jest największej z liczb $f_S(A)$, $f_S(B)$, $f_S(C)$.

Opisana metoda wymaga, jak już poprzednio wspomniano, znacznie mniejszego obszaru pamięci niż pierwsza metoda, przedstawiona na początku komunikatu, lecz za to znacznie większej szybkości maszyny cyfrowej, ze względu na konieczność wykonania wielokrotnie większej liczby operacji.

Możliwe są oczywiście różne modyfikacje opisanych metod. Można na przykład w ostatniej metodzie znacznie zmniejszyć liczbę węzłów, dla których wyznacza się sumę odległości od węzłów A , B , C . Zauważmy mianowicie, że poszukiwany węzeł S musi się znajdować w niewiększej odległości od węzła A niż bliższy z węzłów B , C i w podobnie ograniczonych odległościach od węzłów B i C . Otaczając więc jedynkami, w sposób opisany w ostatniej metodzie, jeden z węzłów A , B , C aż do osiągnięcia drugiego z tych węzłów, otrzymujemy obszar, w którym leży węzeł S . Można również wyznaczyć mniejszy /zawierający węzeł S / obszar, będący iloczynem logicznym trzech podobnie wyznaczonych obszarów otaczających węzły A , B , C . Ograniczenie się do wyznaczania sumy odległości od węzłów A , B , C tylko dla węzłów znalezionej obszaru, zmniejsza oczywiście znacznie liczbę operacji wykonywanych przez maszynę cyfrową, ale z drugiej strony wymaga bardziej złożonego programu i większego obszaru pamięci maszyny.

Analogicznie jak dla siatki prostokątnej, można, stosując algorytm Moore'a /algorytm 4 z pracy [1]/, wyznaczyć trasę łączącą trzy węzły labiryntu i złożoną z minimalnej liczby odcinków. Nie wymaga to oddzielnego opisu.

3. OPTIMALNE POŁĄCZENIE TRANSPORTOWE W KSZTAŁCIE GWIAZDY

Zastosowanie opisanej w poprzednim rozdziale metody dla więcej niż trzech węzłów /siatki prostokątnej lub labiryntu/ nie prowadzi w ogólnym przypadku do znalezienia najkrótszego połączenia między tymi węzłami, ale umożliwia znalezienie ta-

kiego węzła, dla którego suma najkrótszych odległości od pewnej liczby innych, zadanych z góry węzłów jest minimalna. Znalazienie takiego węzła pozwala wyznaczyć najkrótsze połączenie gwiazdziste, przy czym niektóre ramiona takiej gwiazdy mogą mieć pewne odcinki tras wspólne.

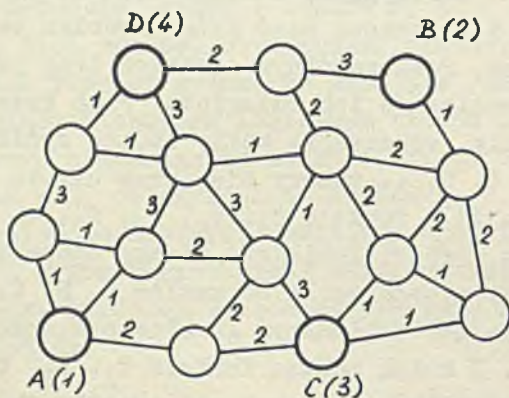
Wyznaczenie tego rodzaju połączeń gwiazdzistych dla więcej niż trzech węzłów nie wydaje się mieć zastosowania w projektowaniu obwodów drukowanych, może natomiast być interesujące przy rozwiązywaniu szeregu innych zagadnień.

Przykładem takiego zagadnienia może być wyznaczenie optymalnej lokalizacji określonego zakładu przemysłowego na terenie kraju z punktu widzenia np. transportu surowców. Zagadnienie sprowadza się do znalezienia optymalnej gwiazdy połączeń transportowych w labiryncie, którego węzłami są miejscowości, a połączenie ich stanowi sieć dróg. Problem ten można rozwiązać następująco. Poszczególnym odcinkom dróg przypisuje się liczby proporcjonalne do ich odległości /lub kosztów transportu/. Następnie, oznaczając węzły będące źródłami surowców, przez A, B, C, D, ... tworzy się, przy użyciu algorytmu D z pracy Moore'a [1], funkcje $f_A, f_B, f_C, f_D, \dots$ przyporządkowujące każdemu węzłowi labiryntu liczby odpowiadające minimalnym odległościom tego węzła od węzłów A, B, C, D, ... /lub liczby odpowiadające minimalnym kosztom przewozu jednostki wagowej surowca/. Z kolei mnożąc funkcje $f_A, f_B, f_C, f_D, \dots$ przez odpowiednie wskaźniki ilościowe poszczególnych surowców otrzymuje się funkcje $F_A, F_B, F_C, F_D, \dots$ przedstawiające minimalne koszty dostarczenia tych surowców w odpowiednich proporcjach do każdego węzła labiryntu. Suma funkcji $F_A + F_B + F_C + F_D + \dots$ dla poszczególnych węzłów labiryntu przedstawia łączne koszty dostarczenia wszystkich surowców do poszczególnych węzłów, a położenie minimum tej funkcji określa poszukiwaną lokalizację zakładu przemysłowego. Wyznaczanie optymalnych tras między źródłami surowców z zakładem przemysłowym można przeprowadzić również przy użyciu algorytmu D w sposób opisany w pracy [1], korzystając z funkcji $f_A, f_B, f_C, f_D, \dots$

Przedstawiony sposób rozwiązania ma te zalety, że można go łatwo zalgorytmizować i zaprogramować na maszynę cyfrową oraz, że daje on pełną mapę kosztów transportu surowców dla wszystkich możliwych lokalizacji zakładu przemysłowego.

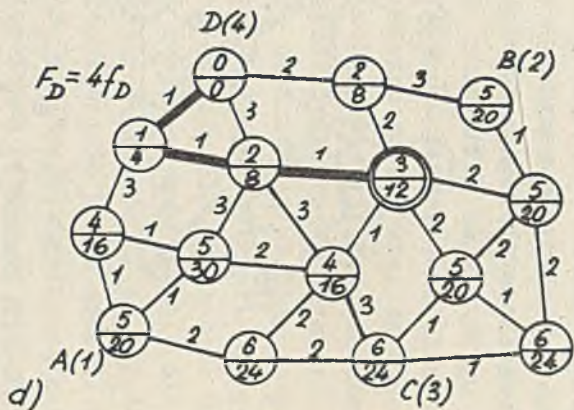
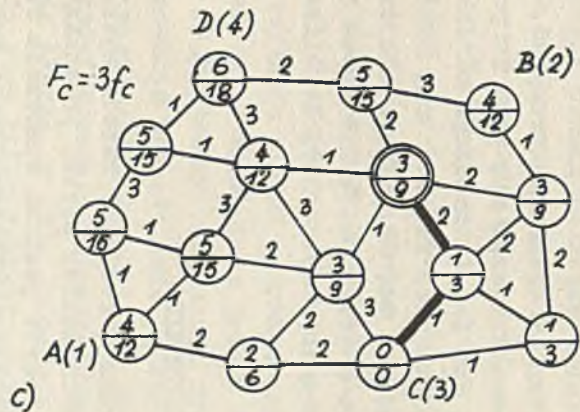
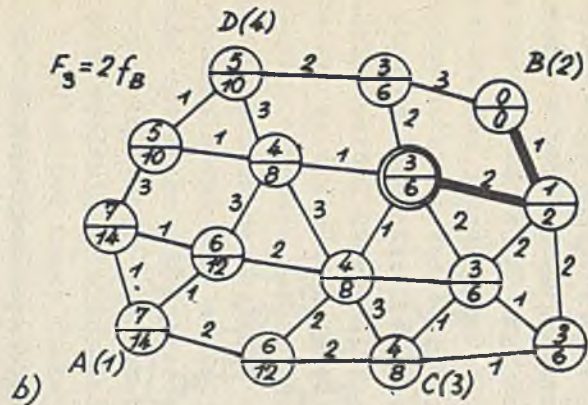
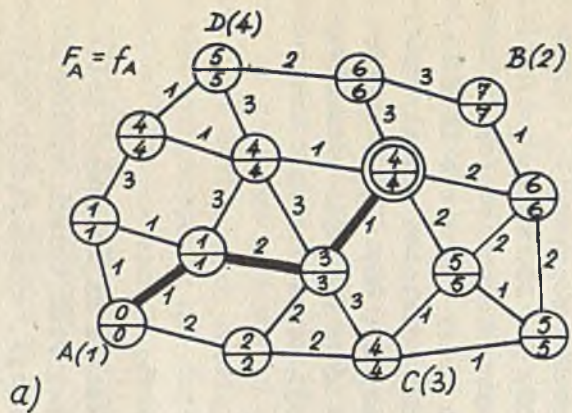
Rozpatrując w omawianym zagadnieniu koszty transportu surowców można uwzględnić równocześnie koszty dystrybucji produktów zakładu, gdyż punkty odbioru produktów mogą być traktowane identycznie jak źródła surowców /kierunek transportu nie jest tu na ogół istotny/.

Dla zilustrowania opisanej metody na przykładzie, weźmy pod uwagę labirynt pokazany na rys. 5, na którym węzły A, B, C, D są źródłami surowców, które mają być dostarczone w proporcji 1:2:3:4, a liczby przy odcinkach łączących węzły labiryntu przedstawiają odpowiednie odległości.



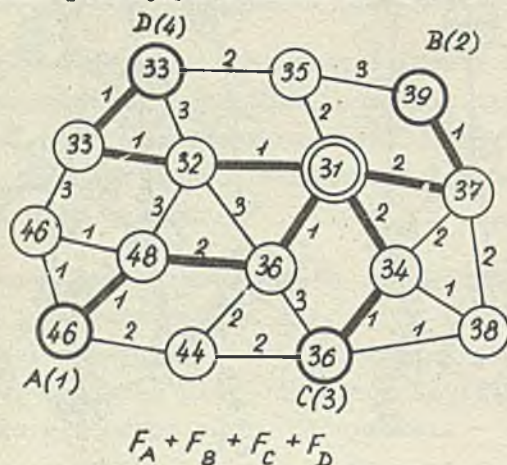
Rys. 5. Labirynt przedstawiający sieć dróg i rozmieszczenie źródeł surowców

Dla wszystkich węzłów tego labiryntu wartości funkcji f_A , f_B , f_C , f_D , wyznaczone przy użyciu algorytmu D z pracy [1], podane zostały kolejno na rys. 6a, 6b, 6c, 6d /patrz liczby wpisane w górne połowy kółek przedstawiających węzły labiryntu/. Na rys. 6a, 6b, 6c, 6d podano następnie wartości funkcji $F_A = f_A$, $F_B = 2f_B$, $F_C = 3f_C$, $F_D = 4f_D$ przedstawiające minimalne koszty transportu surowców /w odpowiedniej proporcji/ z węzłów A, B, C, D do poszczególnych węzłów /patrz liczby wpisane w dolne połowy kółek/.



Rys. 6. Wartości funkcji f_A , f_B , f_C , f_D i funkcji F_A , F_B , F_C , F_D dla poszczególnych węzłów labiryntu

Z kolei wartości funkcji $F_A + F_B + F_C + F_D$ podane zostały na rys. 7. Funkcja ta przyjmuje minimum /wartość 31/ w węźle, który oznaczono podwójnym kółkiem na rys. 7.



Rys. 7. Wartości funkcji $F_A + F_B + F_C + F_D$ dla poszczególnych węzłów labiryntu

Znaleziony węzeł, który nazywać będziemy dalej węzłem S, oznaczono następnie również podwójnym kółkiem na rys. 6a, 6b, 6c, 6d, na których za pomocą algorytmu D z pracy [1] wyznaczono również optymalne trasy AS, BS, CS, DS. Każda z tych tras charakteryzuje się tym, że przyrost odpowiedniej z funkcji f_A, f_B, f_C, f_D na danym odcinku trasy równa się liczbie przedstawiającej długość tego odcinka /co łatwo zauważyć na rys. 6a, 6b, 6c, 6d/. Wszystkie trasy AS, BS, CS, DS przedstawione zostały następnie razem na rys. 7, dając poszukiwane rozwiązanie optymalnej lokalizacji zakładu i tras transportu surowców.

4. ZAKOŃCZENIE

Opisana w rozdz. 2 metoda wyznaczania najkrótszego połączenia trzech węzłów siatki prostokątnej /lub trzech węzłów labiryntu/ oparta jest na sumowaniu funkcji, wyrażających najkrótsze odległości poszczególnych węzłów od trzech zadanych węzłów. Uogólnienie tej metody, jak wspomniano na początku rozdz.

3, nie prowadzi jednak, w ogólnym przypadku, do wyznaczenia najkrótszego połączenia dla większej liczby węzłów niż trzy. Autorowi niniejszego artykułu nie są znane ogólne metody prowadzące do uzyskania najkrótszych połączeń większej liczby węzłów. Już jednak zagadnienie wyznaczenia najkrótszego połączenia czterech węzłów wydaje się być bardzo skomplikowane, a stopień komplikacji wzrasta bardzo szybko wraz ze wzrostem liczby węzłów, które należy z sobą połączyć. W takim stanie rzeczy, ze względu na zastosowania praktyczne, mogą być interesujące prostsze metody, które umożliwiają otrzymanie połączeń złożonych na przykład z kilku części optymalizowanych oddzielnie. Również ze względu na rozwiązania praktyczne nie w pełni optymalne, warto zwrócić uwagę na pewne możliwości zastosowania funkcji przedstawiających najkrótsze odległości między węzłami, do wyznaczenia połączenia kilku węzłów. Weźmy na przykład pod uwagę funkcję $f_A + f_B$ przedstawiającą sumę najkrótszych odległości poszczególnych węzłów od węzłów A i B /patrz rozdz. 2/. Minima tej funkcji wyznaczają zbiór wszystkich tych węzłów, przez które można poprowadzić najkrótsze połączenia węzłów A i B. Zbiór wszystkich węzłów o tej własności można jednak wyznaczyć również na podstawie jednej tylko funkcji f_A . Jeśli mianowicie $f_A(B) = m$, to do wspomnianego zbioru będą należeć wszystkie węzły sąsiadujące z B, dla których $f_A = m - 1$, wszystkie węzły sąsiadujące z tymi ostatnimi, dla których $f_A = m - 2$ itd. Po wyznaczeniu takiego zbioru węzłów, można, za pomocą funkcji f_C , wyznaczyć najkrótsze połączenie między węzłem C i najbliższym mu węzłem wspomnianego zbioru węzłów, a następnie można wyznaczyć w znany już sposób całe połączenie węzłów A, B, C. Postępowanie takie, w odniesieniu do podanego w rozdz. 2 przykładu siatki prostokątnej, prowadzi do tych samych rozwiązań jakie uzyskano w rozdz. 2, choć w ogólnym przypadku nie daje najkrótszego połączenia trzech węzłów. Opisany sposób postępowania posiada dwie zalety. Może mianowicie być uogólniony na większą niż trzy liczbę węzłów oraz pozwala na stosowanie zmodyfikowanych, uproszczonych algorytmów Lee'a opisanych przez Akersa w [3], które nie mogą być stosowane w odniesieniu do sumy kilku funkcji wyrażających najkrótsze odległości między węzłami.

Nawiązując jeszcze do zagadnienia wyznaczenia optymalnej gwiazdy połączeń, opisanego w rozdz. 3, warto podkreślić, że występujące tam funkcje $F_A, F_B, F_C, F_D, \dots$ mogą być również bardziej złożonymi funkcjami odpowiednich funkcji $f_A, f_B, f_C, f_D, \dots$, a nawet zależeć od innych dodatkowych czynników, co oczywiście może pociągnąć za sobą konieczność modyfikacji opisanej metody.

Literatura

- [1] MOORE E.F.: The Shortest Path Through a Maze, Proceedings of an International Symposium on the Theory of Switching, 2-5 April 1957, Part II, The Annals of the Computation Laboratory of Harvard University, 1959: XXX, 285-292.
- [2] LEE C.Y.: An Algorithm for Path Connections and Its Applications, IRE Trans. on Electronic Computers, September 1961:EC-10, 346-365.
- [3] AKERS S.B.: A Modification of Lee's Path Connection Algorithm, IEEE Trans. on Electronic Computers, February 1967:EC-16, 97-98.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МУРА И ЛИ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗВЕЗДООБРАЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Резюме

В статье приведены методы определения самого короткого соединения трех вершин прямоугольной сети, проходящей по линии простых, составляющих сеть и проходящих мимо заданных узлов, а также метод определения звездообразного оптимального соединения между данными узлами лабиринта.

Описанные методы могут быть применены в таких вопросах как автоматическое проектирование печатанных схем при помощи цифровых вычислительных машин, определение оптимальной локализации промышленного завода в виду транспорта сырья и т.п.

APPLICATION OF MOORE AND LEE'S ALGORITHMS FOR THE DEFINITION OF OPTIMAL STAR CONNECTION

Summary

The paper presents methods of defining the shortest connection between three rectangular network nodes, along straight lines that constitute this network and avoiding the given nodes, and the method of defining an optimal star connection that joins the given labyrinth nodes.

The described methods can be applied to such problems as computer aided automatic designing of printed circuits, assigning the optimal localization of an industrial plant; raw material transportation being taken into account, and so on.

ZAGADNIENIA KONSTRUKCJI I TECHNOLOGII
GŁOWIC PAMIĘCI BĘBNOWYCH I Dyskowych

Stefan PARVI

Pracę złożono 13.XI.1970

W pracy przedstawione zostały problemy, które spotyka się przy projektowaniu głowicy pamięci bębnowej i dyskowej. Dotyczą one zagadnień odkształceń termicznych i dynamicznych konstrukcji, aerodynamiki i dynamiki elementu nośnego, oraz projektowania obwodu magnetycznego. Rozważania teoretyczne uzupełnione zostały wnioskami z badań przeprowadzonych w IMM oraz uwagami o specyficznych procesach technologicznych obwodu magnetycznego z ferrytu. Przedstawiono też przegląd produkowanych obecnie głowic pamięci bębnowych i dyskowych z krótkim opisem ich budowy.

Spis treści

Wykaz symboli i oznaczeń	24
1. WSTĘP	27
2. KONSTRUKCJA ZAWIESZENIA GŁOWIC	30
3. KONSTRUKCJA OBWODU MAGNETYCZNEGO	47
4. ZAGADNIENIA TECHNOLOGII ELEMENTÓW GŁOWICY I MONTAŻU	55
5. ZAKOŃCZENIE	61
Literatura	61
Resumé	63
Summary	64

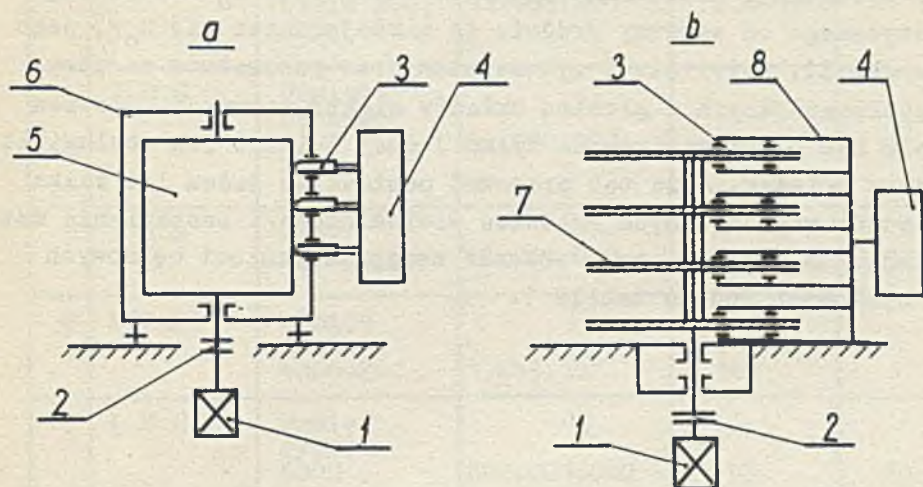
WYKAZ SYMBOLI I OZNACZEŃ

a	- szerokość czoła głowicy
b	- szerokość stopki
b_1	- głębokość szczeliny roboczej głowicy
C	- stała całkowania
C_L	- współczynnik rozszerzalności liniowej
g	- przyspieszenie ziemskie
h_0	- odległość głowicy od wirnika
$h(x)$	- odległość dowolnego punktu płaszczyzny stopki od wirnika /mierzona w kierunku osi y/
k_s	- sztywność sprężyny zawieszenia
l	- długość stopki
m	- masa głowicy /masa ruchoma przyjmowana do obliczeń dynamicznych/
p	- nadciśnienie powietrza
r	- promień wirnika
t	- czas
t_d	- czas dostępu do informacji - czas potrzebny do znalezienia i wybrania informacji umieszczonej w pamięci
y_1	- wychylenie głowicy z położenia równowagi w kierunku y
x, y, z	- współrzędne prostokątne
A	- amplituda drgań
Br	- pozostałość magnetyczna
Bs	- indukcja nasycenia
H	- natężenie pola magnetycznego
$H_{1,2,3}$	- odległość głowicy od bębna mierzona od punktu na stopce, w którym ciśnienie uzyskuje wartość maksymalną /mierzona w kierunku osi y/
H_e	- natężenie powściągające
E	- moduł Junga
K	- liczba Kundsena
M	- liczba Macha
R_e	- liczba Reynoldsa
R	- promień
S	- siła normalna do stopki
T_1	- okres drgań głowicy

- v_o - prędkość obwodowa wirnika
- v_d - prędkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu
- ω - częstość kątowna
- α - $2 R \cdot h_o$
- μ - dynamiczny współczynnik lepkości
- μ_m - przenikalność maksymalna
- μ_p - przenikalność początkowa
- λ - szerokość szczeliny roboczej
- λ_1 - szerokość szczeliny pomocniczej
- λ_2 - długość swobodnej drogi cząsteczki powietrza
- ρ - gęstość
- Λ - liczba łożyskowa

1. WSTĘP

Pamięci bębnowe i dyskowe znajdują zastosowanie głównie w maszynach cyfrowych w grupie urządzeń zewnętrznych, chociaż coraz częściej używane są też niezależnie jako magazyny informacji np. w telefonii, układach sterujących i urządzeniach geodezyjnych itp. Pamięci te mają wiele cech wspólnych, a różnią się w zasadzie tylko sposobem rozmieszczenia informacji, które w pamięciach bębnowych znajdują się w warstwie magnetycznej nałożonej na cylindryczny wirnik, w pamięciach dyskowych natomiast w warstwie nałożonej obustronnie na płaski dysk. W urządzeniach tych zapis i odczyt informacji dokonuje się za pomocą głowic magnetycznych. Różnice w konstrukcji głowic wynikają głównie z faktu pracy głowicy z powierzchnią nośnika o różnym kształcie, oraz z konieczności stosowania różnych systemów odsuwania głowicy od nośnika w czasie rozruchu i zatrzymywania urządzenia.



Rys. 1. a/ pamięć bębnowa, b/ pamięć dyskowa

1 - silnik napędowy, 2 - sprzęgło, 3 - głowica, 4 - układ elektroniczny wybierania, 5 - wirnik z warstwą magnetyczną, 6 - obudowa bębna, 7 - dysk, 8 - układ przesuwania głowic

Omawiane pamięci charakteryzują takie wielkości jak pojemność, czas dostępu do informacji, koszt i niezawodność. Pojemność pamięci zależy od gęstości zapisu /ilości jednostek informacji na długość 1 mm/, gęstości ścieżek i wielkości powierzchni przeznaczonej do magazynowania informacji, a więc głównie od rozdzielczości głowic, nośnika magnetycznego i konstrukcji pamięci. Problematyka głowic stanowi więc jedno z węzłowych zagadnień przy opracowywaniu tego typu urządzeń.

Typowa głowica składa się z obwodu magnetycznego, za pomocą którego dokonuje się zapisu i odczytu informacji, oraz obudowy z zawieszeniem ustalającej położenie tego obwodu w stosunku do warstwy magnetycznej. Zapis polega na przemagnesowaniu warstwy pokrywającej bęben czy dysk przez pole magnetyczne wytwarzane przez głowicę, odczyt - na indukowaniu w głowicy siły elektromotorycznej w trakcie przesuwania się tej przemagnesowanej warstwy względem głowicy. Gęstość zapisu wyrażona w bitach/mm zależy od odległości h_0 obwodu magnetycznego od warstwy /rośnie ze zmniejszaniem się h_0 /, jego geometrii, materiału i wykonawstwa oraz parametrów warstwy i współpracujących z głowicą układów elektronicznych. Głowica może być przyporządkowana tylko jednej ścieżce lub obsługiwać grupę ścieżek. Może też pracować posiadając jeden lub kilka obwodów magnetycznych /głowice wielośladowe/. Zestawienie ważniejszych produkowanych obecnie seryjnie pamięci bębnowych i dyskowych podaje tabela 1.

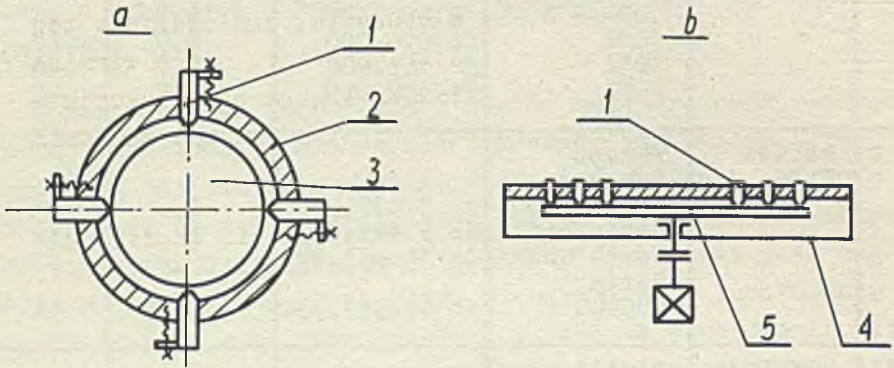
Tabela 1

Zestawienie parametrów pamięci bębnowych i dyskowych
produkowanych seryjnie

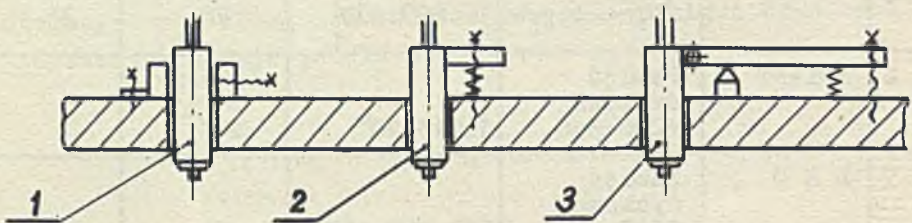
Lp	Firma	Model	Pojemność /bity/	Czas dostę- pu. /td/ /msek/	Gęstość zapisu bity/mm
1	VERMONT R.C.	Pamięć bębnowa 1004 - S 1016 1032 2032	2.624.000 16.076.000 32.153.600 64.307.200	8,7 8,7 8,7 17,5	26 40 40 40
2	BRYANT C.P.	Pamięć bębnowa Seria 5000 Seria 75.000 Seria 100000 Seria 185000	do 3.617.280 do 5.425.920 do 14.469.120 do 47.587.330	2,5 5 6,7 8,35	31 31 31 31
3	HONEYWELL	Pamięć bębnowa Seria 200, 256, 266	12.000.000	8,6-17,2	
4	I B M	Pamięć bębnowa 2301 2361	65.000.000	8,6	47
5	I M M	PB-7 /prototyp/	16.000.000	20	33
6	BRYANT	Pamięć dyskowa 4000-2-C	1.643.10 ⁶	140	
7	L E O	Pamięć dyskowa 5000	200.000.000	75	45
8	I B M	Pamięć dys- kowa 2311	58.000.000	75	43
9	UNIVAC	Pamięć dys- kowa 8411	58.000.000	75	43

2. KONSTRUKCJA ZAWIESZENIA GŁOWIC

Główki umieszczane są na stałe w obudowie bębna czy dysku /rys. 2, 3/ albo zawieszane elastycznie na sprężynach i wtedy bądź pracują w styku, ślizgając się po warstwie magnetycznej /rys. 5/ bądź unoszą się w określonej odległości od warstwy na poduszce powietrznej /rys. 6 ÷ 10/.



Rys. 2. Główki mocowane na stałe w obudowie bębna /a/ i na dysku /b/
1 - głowica, 2 - obudowa bębna, 3 - wirnik z warstwą magnetyczną, 4 - obudowa dysku, 5 - elastyczny dysk



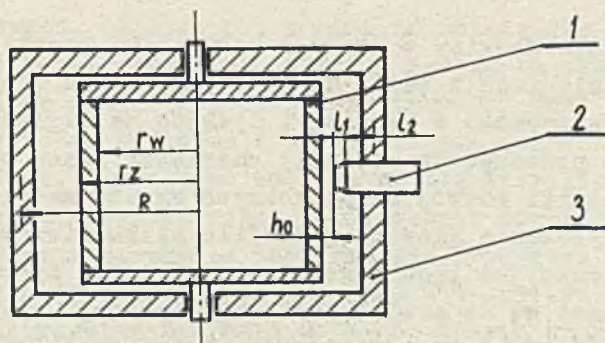
Rys. 3. Różne typy głowic przeznaczone do mocowania na stałe w obudowie

1 - głowica wsuwana w tulejkę i zaciskana, 2 - głowica dosuwana wkrętem i odpychana sprężyną, 3 - głowica dosuwana dźwignią i wkrętem, odsuwana sprężyną

2.1. Głowice mocowane na stałe w obudowie /rys. 2 i 3/

Pewne zagadnienia związane z mocowaniem głowicy na stałe w obudowie omówione zostaną na przykładzie pamięci bębnowej. Jak wspomniano na wstępie, gęstość zapisu zależy w głównej mierze od odległości h_0 czół biegunów głowicy od nośnika magnetycznego. W rozwiązaniach konstrukcyjnych, w których głowica mocowana jest na stałe w obudowie, zmniejszanie tej odległości jest ograniczone niedokładnościami pracy wirnika oraz odkształceniami wirnika, głowicy i obudowy na skutek zmian temperatury i zmian średnicy wirnika pod wpływem siły odśrodkowej.

Z najprostszym przypadkiem mamy do czynienia wtedy, gdy zakładamy równomierny wzrost temperatury wszystkich elementów bębna oraz brak odkształceń dynamicznych /rys. 4/.



Rys. 4. Rysunek schematyczny bębna pamięci
1 - wirnik, 2 - głowica, 3 - obudowa

Ponieważ

$$h_0 = R - r_z - l_1 - l_2 = \text{const.}$$

przyrost wymiarów zamocowania głowicy w korpusie, średnicy wirnika i przyrost wymiarów samej głowicy pod wpływem zmian temperatury, musi się kompensować

$$R - r_z - l_1 - l_2 = R + \Delta R - (r_z + \Delta r_z + l_1 + \Delta l_1 + l_2 + \Delta l_2)$$

stąd

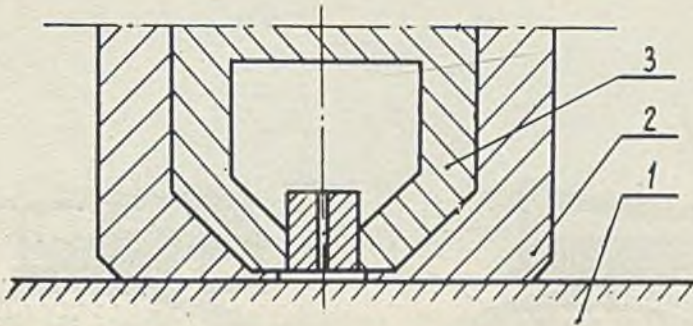
$$\Delta R = \Delta r_z + \Delta l_1 + \Delta l_2$$

W rzeczywistości, gdy istnieje gradient temperatury w kierunku promienia bębna, a ponadto występują odkształcenia dynamiczne wirnika pod wpływem siły odśrodkowej, rachunek się komplikuje, a warunek utrzymywania stałej odległości h_0 staje się trudny do spełnienia. Wydłużenie poszczególnych elementów konstrukcji należy wtedy wyrażać w funkcji rozkładu temperatury w tych elementach. Dobre wyniki daje tu uproszczona metoda oparta na założeniu, że temperatura w poszczególnych odcinkach konstrukcji zmienia się liniowo.

2.2. Głowica pracująca w styku z nośnikiem magnetycznym

Działanie głowicy w styku z nośnikiem, powszechnie stosowane w pamięciach z taśmą magnetyczną, przez długi okres czasu nie występowało w bębnach i dyskach ze względu na duże szybkości przesuwu oraz ciągły charakter pracy tych urządzeń. Dopiero szybki rozwój magnetycznych warstw metalicznych oraz zminiaturyzowanie głowicy pozwoliło kilku firmom na opracowanie konstrukcyjne tego zagadnienia. Głowice pracujące w styku dociskane są do powierzchni magnetycznej /wykonanej z niedokładnością do 0.01 μm / sprężynami i zaopatrzone w ślizgacz np. z wkładką rubinową czy z rodową /rys. 5/.

Do zalet tych głowic należy zaliczyć zwiększenie gęstości zapisu powstałe w wyniku zbliżenia do nośnika, natomiast wadą jest konieczność stosowania złożonych technologii produkcji i co się z tym wiąże duży koszt.

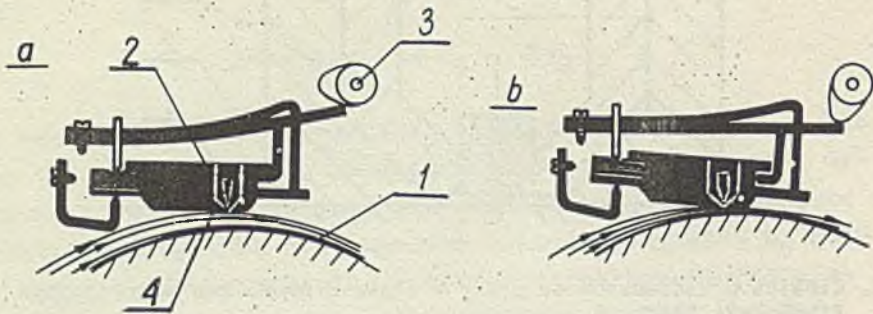


Rys. 5. Głowica przeznaczona do pracy w styku z nośnikiem magnetycznym firmy DATA DISC

1 - nośnik magnetyczny, 2 - obudowa ze ślizgaczem, 3 - obwód magnetyczny głowicy

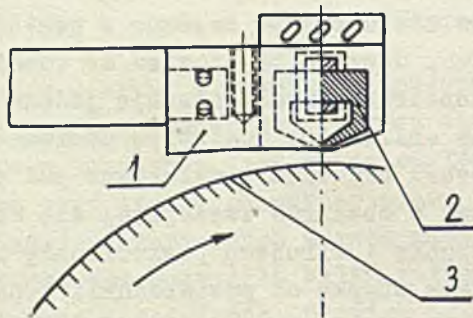
2.3. Głowica z podparciem aerodynamicznym

W ostatnich latach głowice z podparciem aerodynamicznym znalazły powszechne zastosowanie zarówno w pamięciach bębnowych jak i dyskowych. Głowice te, pomimo że różnią się często rozwiązaniami konstrukcyjnymi, pracują jednak na wspólnej zasadzie tzw. klina smarowego. Powietrze porywane jest przez element wirujący bęben czy dysk i wciągane pod element nośny głowicy - stopkę. W obszarze zwężającej się szczeliny utworzonej przez stopkę i wirującą powierzchnię powstaje nadciśnienie odpychające stopkę od powierzchni. Wypadkowa siła działająca na głowicę równoważona jest układem sprężyn zawieszenia. Przykłady rozwiązania różnych typów głowic przedstawiono na rys. 6 ÷ 10. Rys. 6 przedstawia głowicę bębnową firmy Sperry o płaskiej stopce. Głowica ta dosuwana jest do bębna sprężyną zwalnianą przez układ krzywkowy napędzany elektrycznie. Głowica firmy ECL - Japan /rys. 7/ posiada stopkę wklęsłą o profilu kołowym, co pozwala na uzyskanie znacznie większej siły nośnej, jest jednak trudniejsze w wykonaniu. Rys. 8 przedstawia zblokowany układ 16 głowic 6-śladowych GL-5 wraz z matrycą wybierającą. Głowice te mają stopki płaskie. Dosuwanie głowic do położenia pracy dokonywane jest przez obrót całego mostka osadzonego w łożyskach kulkowych i napędzanego układami hydraulicznymi.



Rys. 6. Głowica bębnowa firmy Sperry

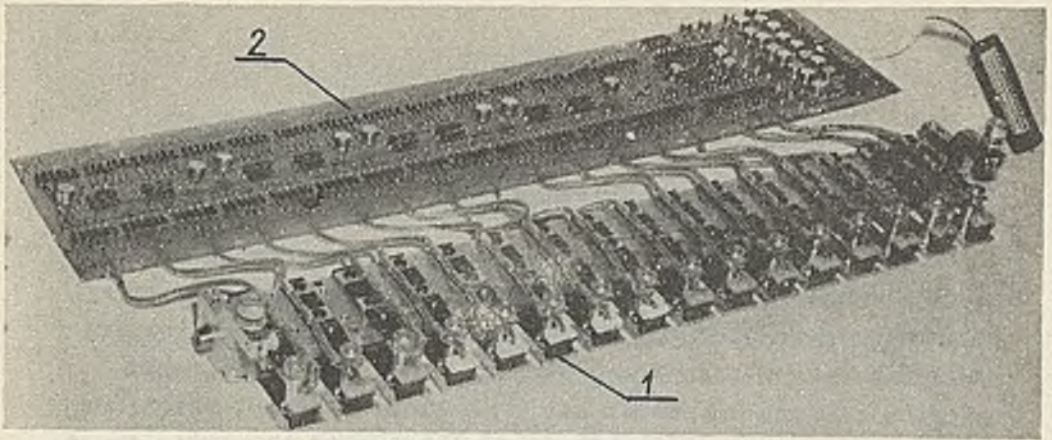
a - położenie głowicy odsuniętej, b - położenie głowicy w czasie pracy
1 - wirnik, 2 - stopka płaska, 3 - krywka dociskająca,
4 - obwód magnetyczny



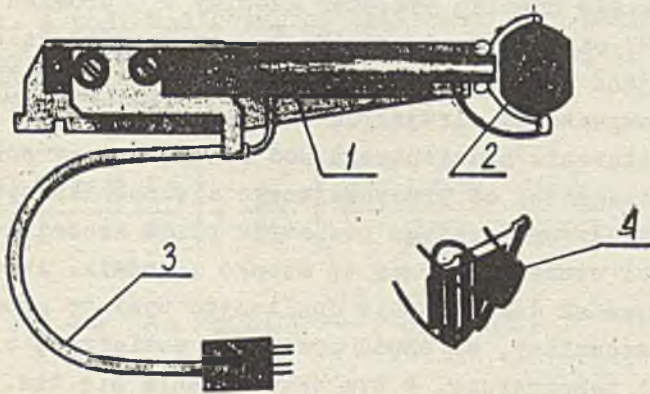
Rys. 7. Dwuśladowa głowica bębnowa firmy ECL-Japan /a/

1 - wklęsła stopka, 2 - obwód magnetyczny, 3 - wirnik bębna pamięci

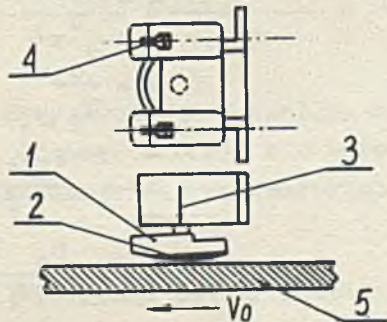
Głowice dyskowe /rys. 9, 10/ z uwagi na pracę z płaskim dyskiem mają stopki wypukłe, i dosuwane są w położenie pracy układami hydraulicznymi.



Rys. 8. Głowice bębnowe sześciopładowe GL-5 umocnione na mostku wraz z matrycą wybierającą - opracowanie IMM
1 - głowica, 2 - matryca wybierająca



Rys. 9. Głowica dyskowa firmy IBM 1311. Widok od strony dysku
1 - ramię głowicy ze sprężyną, 2 - stopka wypukła, 3 - przewody elektryczne, 4 - obwód magnetyczny mocowany w stopce /w powiększeniu/



Rys. 10. Dwuśladowa głowica dyskowa firmy LEO
1 - stopka, 2 - ślizgacz, 3 - układ dosuwania, 4 - obwód magnetyczny, 5 - dysk magnetyczny przesuwający się z szybkością V_0

2.4. Wybrane zagadnienia z obliczania elementów głowic z podparciem aerodynamicznym

Wymaga się, aby głowica zapisywała i odczytywała w pewny sposób możliwie dużą ilość informacji podczas współpracy z nośnikiem magnetycznym. Z punktu widzenia więc aerodynamiki układu stopka - nośnik magnetyczny i układów zawieszenia, głowica powinna znajdować się w możliwie stałej i określonej odległości od nośnika, wykazywać odpowiednie tłumienie drgań oraz ze względów konstrukcyjnych posiadać małe wymiary geometryczne. Rozważania teoretyczne prowadzi się przy założeniu, że określone są parametry pracy i wymiary pamięci: szybkość przesuwania się nośnika względem głowicy V_0 , promień dysku czy bębna R , odległość od nośnika h_0 , oraz znane są częstości zakłócające pracę głowicy i powstające bądź w wyniku bicia łożysk, niewyważenia wirujących elementów bądź pracy wentylatorów. Powstawanie nadciśnienia pod stopką umieszczoną w niewielkiej odległości od przesuwającego się nośnika spowodowane jest przepływem lepkiego powietrza przez szczelinę o zmiennej grubości utworzoną przez tę stopkę i nośnik. Aerodynamiczną ocenę zjawisk dokonuje się analizując wymiary geometryczne i kształt szczeliny, szybkość przepływu powietrza, oraz jego ciśnienie i temperaturę. W tym celu określa się tzw. liczby charakterystyczne przepływu i liczbę łożyskową. Definiowane są one następująco:

- liczba Knudsena
$$K = \frac{\lambda_1}{h}$$
- liczba Macha
$$M = \frac{V_0}{V_d}$$
- liczba Strouchala
$$St = \frac{V_0 \cdot T_1}{l}$$
- liczba Reynoldsa
$$Re = \frac{h_0 \cdot V_0}{\gamma}$$
- liczba łożyskowa
$$\Lambda = \frac{6\mu \cdot V_0 \cdot l}{h^2 \cdot p_a}$$

gdy

- $K \leq \frac{1}{100}$ przepływ dynamiczny ciągły
- $M \ll 1$ przepływ poddźwiękowy
- $St \gg 1$ przepływ można traktować jako quasi-stacjonarny
- $Re < 1$ decydujący wpływ mają siły lepkości.

W pamięciach bębnowych i dyskowych najczęściej mamy do czynienia z przepływem dynamicznym ciągłym, poddźwiękowym, quasi-stacjonarnym, w którym decydującą rolę odgrywają siły lepkości. A ponieważ można go traktować jako laminarny, izotermiczny i o stałej lepkości opisuje go równanie Reynoldsa /układ współrzędnych jak na rys. 11/.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\rho h^3(x,t)}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\rho h^3(x,t)}{\mu} \frac{\partial p}{\partial y} \right] =$$
$$6 v_0 \frac{\partial}{\partial x} \rho h(x,t) + \frac{12\theta}{\partial t} \rho h(x,t) \quad /1/$$

jednocześnie przepływ musi spełniać równanie ciągłości

$$\frac{d\rho}{dt} + \frac{\partial(v_x \cdot \rho)}{\partial x} + \frac{\partial(v_y \cdot \rho)}{\partial y} + \frac{\partial(v_z \cdot \rho)}{\partial z} = 0 \quad /2/$$

Równania trójwymiarowego Reynoldsa nie można rozwiązać w sposób ogólny, dlatego stosuje się metody przybliżone, albo też równanie to rozwiązuje się wprowadzając założenia upraszczające.

Najczęściej spotykane metody rozwiązania przybliżonego to metody Needsa i Kingsbury, polegające na wyrażeniu równania w jednostkach elektrycznych i zbudowaniu symulatora, na którym mierzy się wpływ poszczególnych wielkości; metoda polega-

jąca na zamianie równań różniczkowych na różnicowe, oraz metoda polegająca na zastosowaniu graficznych i liczbowych sposobów rozwiązania.

O możliwości wprowadzenia takich czy innych założeń upraszczających decydują w głównej mierze wielkości parametrów pracy głowicy i jej wymiary geometryczne. Gdy szerokość głowicy jest dostatecznie duża, przepływ można traktować jako płaski, gdy nie występują zbyt duże ciśnienia można pominąć ściśliwość powietrza.

Równanie Reynoldsa dla przepływu płaskiego nieściśliwego jest następujące:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{h^3(x,t)}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \right] = 6 V_0 \frac{\partial}{\partial x} h(x,t) + \frac{12\partial}{\partial t} h(x,t) \quad /3/$$

gdzie: $h(x)$ jest grubością szczeliny mierzoną od powierzchni nośnika magnetycznego do stopki.

W czasie stacjonarnej pracy układu, tzn. wtedy, kiedy głowica nie wykonuje ruchów względem nośnika, ostatni człon /3/ równa się zero i otrzymujemy:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[h^3(x) \frac{\partial p}{\partial x} \right] = 6 V_0 \mu \frac{\partial}{\partial x} h(x) \quad /4/$$

po scałkowaniu względem x i przekształceniach otrzymujemy:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{6 V_0 \mu [h(x) + C]}{h^3(x)} \quad /5/$$

W punkcie, w którym wartość ciśnienia osiąga ekstremum $\frac{dp}{dx} = 0$; stąd $C = -H_1$, wtedy:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{6 V_0 \mu [h(x) - H_1]}{h^3(x)} \quad /6/$$

wartość ciśnienia otrzymuje się po przeprowadzeniu całkowania względem x

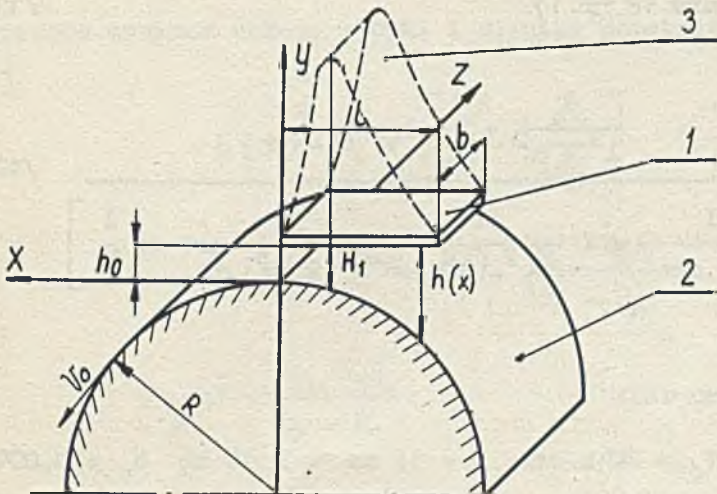
$$p = 6 v_0 \mu \left[\int \frac{dx}{h^2(x)} - H_1 \int \frac{dx}{h^3(x)} \right] \quad /7/$$

Całkując wartość ciśnienia wzdłuż stopki otrzymuje się wielkość siły S normalnej do stopki

$$S = b \int p dx \quad /8/$$

2.5. Obliczenie wartości ciśnień i sił dla najbardziej typowych szczelin

a/ Stopka płaska - wirujący cylinder



Rys. 11. Schemat położenia płaskiej stopki w stosunku do wirnika bębna

1 - stopka, 2 - wirnik, 3 - rozkład nadciśnienia działającego na stopkę

Zastępując okrąg koła parabolą otrzymujemy:

$$h(x) = h_0 + \frac{x^2}{2R} = \alpha^2 + x^2 \quad /9/$$

$$p = 0 \quad \text{gdy } x = 0 \quad \alpha^2 = 2Rh_0 \\ x = -1$$

$$p = 6R^3 V_0 \mu \left\{ \frac{1}{R} \left[\frac{x}{x^2 + \alpha^2} + \frac{1}{\alpha} \operatorname{arctg} \frac{x}{\alpha} \right] - H_1 \left[\frac{x}{(x^2 + \alpha^2)^2} + \frac{3x}{2\alpha^2(x^2 + \alpha^2)} + \frac{3}{2\alpha^3} \operatorname{arctg} \frac{x}{\alpha} \right] \right\} + C \quad /10/$$

$$S = - \frac{12R^3 V_0 \mu l b}{\alpha^3} \left\{ \frac{1}{R} \operatorname{arctg} \frac{1}{\alpha} - H_1 \left[\frac{1}{2\alpha(1^2 + \alpha^2)} + \frac{3}{2\alpha^2} \operatorname{arctg} \frac{1}{\alpha} \right] \right\} \quad /11/$$

$$H_1 = \frac{\frac{1}{1^2 + \alpha^2} + \frac{1}{\alpha} \operatorname{arctg} \frac{1}{\alpha}}{R \left[\frac{1}{(1^2 + \alpha^2)^2} + \frac{3}{2\alpha^2(1^2 + \alpha^2)} + \frac{3}{2\alpha^3} \operatorname{arctg} \frac{1}{\alpha} \right]} \quad /12/$$

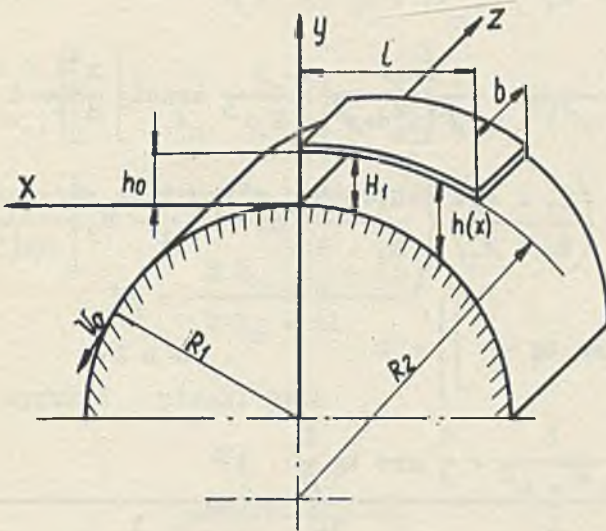
$$C = 0$$

Przykładowo dla:

$$R = 320 \text{ mm} \quad V_0 = 20 \text{ m/sek} \quad l = 13 \text{ mm} \quad b = 10 \text{ mm} \quad h_0 = 0,004 \text{ mm}$$

w powietrzu o ciśnieniu 760 mm Hg w temp. 18°C otrzymujemy wartość $S = 31,3G$

b/ stopka wklęsła - wirujący cylinder



Rys. 12. Schemat położenia wklęsłej stopki w stosunku do wirnika bębna

Zastępując wycinek kołowy stopki i wirnika parabolą otrzymujemy:

$$h(x) = h_0 + \left[\frac{x^2}{2R_1} - \frac{x^2}{2R_2} \right] \quad /13/$$

$$h(x) = (\beta^2 + x^2) \cdot \frac{R_2 - R_1}{2R_1 \cdot R_2}$$

$$\beta^2 = \frac{2h_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

$$p = 0 \quad \text{gdy } x = 0 \\ x = -1$$

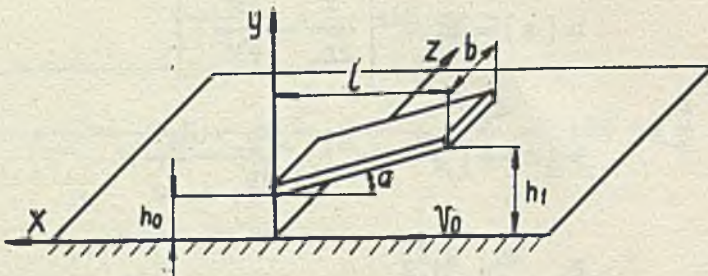
$$p = 6V_0 \mu \left(\frac{2R_1 \cdot R_2}{R_2 - R_1} \right)^3 \left\{ \left[\frac{R_2 - R_1}{R_1 \cdot R_2} \left(\frac{x}{x^2 + \beta^2} + \frac{1}{\beta} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{x}{\beta} \right) \right] - H_2 \left[\frac{x}{(x^2 + \beta^2)^2} + \frac{3x}{2\beta^2(x^2 + \beta^2)} + \frac{3}{2\beta^3} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{x}{\beta} \right] \right\} + C \quad /14/$$

$$S = - \frac{12V_0 \mu l b}{\beta^3} \left(\frac{R_1 \cdot R_2}{R_2 - R_1} \right)^3 \left\{ \frac{R_2 - R_1}{R_1 \cdot R_2} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{\beta} - H_2 \left[\frac{1}{2\beta(1^2 + \beta^2)} + \frac{3}{2\beta^2} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{\beta} \right] \right\} + C \quad /15/$$

$$H_2 = \frac{R_2 - R_1}{R_1 \cdot R_2} \frac{\frac{1}{x^2 + \beta^2} + \frac{1}{\beta} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{\beta}}{\frac{1}{(1^2 + \beta^2)^2} + \frac{3}{2\beta^2(1^2 + \beta^2)} + \frac{3}{2\beta^3} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{\beta}} \quad /16/$$

$C = 0$

c/ Stopka płaska - wirujący dysk



Rys. 13. Schemat położenia płaskiej stopki w stosunku do przesuwającej się płaszczyzny w kierunku X z szybkością V_0 .

$$h(x) = h_0 + ax \quad /17/$$

$$p = 0 \quad \text{gdy } x = 0 \\ x = -l$$

$$p = 6V_0 \mu \left\{ \left[\frac{1}{ah_0} - \frac{1}{a^2 \left(\frac{h_0}{a} - x \right)} \right] - H_3 \left[\frac{1}{2ah_0^2} - \frac{1}{2a^3 \left(\frac{h_0}{a} - x \right)^2} \right] \right\} + C \quad /18/$$

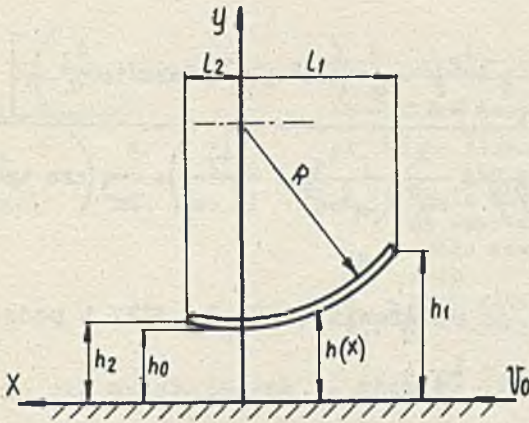
$$S = \frac{6 V_0 \mu b l^2}{(h_1 - h_0)^2} \left[\ln \frac{h_1}{h_0} - 2 \frac{h_1 - h_0}{h_1 + h_0} \right] \quad /19/$$

Stałe wyznaczone z warunków brzegowych są:

$$H_3 = \frac{2 h_0 (h_0 + a l)}{2 h_0 + a l} \quad /20/$$

$$C = 0$$

d/ Stopka wypukła - płaski dysk



Rys. 14. Schemat położenia wypukłej stopki w stosunku do przesuwającej się płaszczyzny

Zastępując wycinek kołowy stopki parabolą otrzymujemy

$$h(x) = h_0 + \frac{x^2}{2R} = \alpha^2 + x^2 \quad /21/$$

$$p = 0 \quad \text{gdy} \quad \begin{aligned} x &= -l_1 \\ x &= +l_2 \end{aligned}$$

Przypadek ten jest w pewnym sensie odwróceniem sytuacji omówionej w punkcie a.

$$\begin{aligned} \text{dla } x = 0 \quad V &= V_0 & \text{dla } y = 0 \\ V &= 0 & \text{dla } y = h_0 \end{aligned}$$

$$p = \frac{12R^3 V_0 \mu}{\alpha^2} \left\{ \frac{1}{R} \left[\frac{x}{x^2 + \alpha^2} + \frac{1}{\alpha} \arctg \frac{x}{\alpha} \right] - H_1 \left[\frac{x}{(x^2 + \alpha^2)^2} + \frac{3x}{2\alpha^2(x^2 + \alpha^2)} + \frac{3}{2\alpha^3} \arctg \frac{x}{\alpha} \right] \right\} + C \quad /22/$$

Stałe H_1 i C wyznaczamy z warunków brzegowych

$$H_1 = \frac{\frac{1}{R} \left[\frac{1_1}{1_1^2 + \alpha^2} + \frac{1_2}{1_2^2 + \alpha^2} + \frac{1}{\alpha} \left(\arctg \frac{1_1}{\alpha} + \arctg \frac{1_2}{\alpha} \right) \right]}{\frac{1_1}{(1_1^2 + \alpha^2)^2} + \frac{1_2}{(1_2^2 + \alpha^2)^2} + \frac{3}{2\alpha^2} \left(\frac{1_1}{1_1^2 + \alpha^2} + \frac{1_2}{1_2^2 + \alpha^2} \right) + \frac{3}{2\alpha^3} \left(\arctg \frac{1_1}{\alpha} + \arctg \frac{1_2}{\alpha} \right)} \quad /23/$$

$C \neq 0$ - wyznaczamy je podstawiając H_1 do /22/ i podstawiając warunek $p = 0$ dla $x = 1_2$

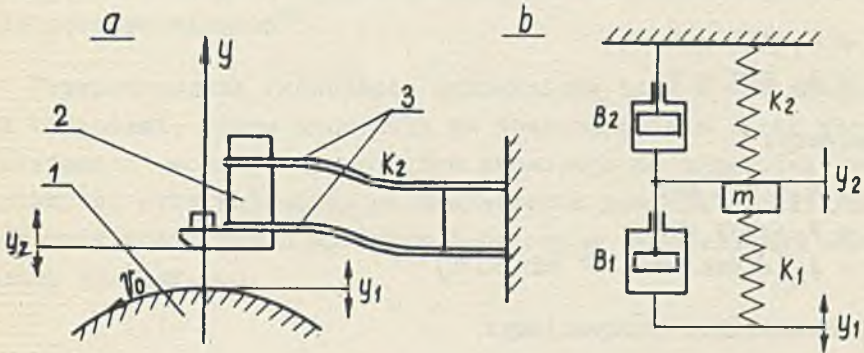
analogicznie

$$S = b \int p \, dx \quad *)$$

Podane zależności na obliczenie wielkości siły odnoszą się do przypadku, kiedy głowica znajduje się w stałej odległości od powierzchni bębna czy dysku. W rzeczywistości jednak praca głowicy jest bardziej złożona, występują bowiem drgania, powstające czy to na skutek bicia powierzchni z nośnikiem magnetycznym, czy też drgania zawieszenia głowicy, których źródłem są wentylatory, silnik napędowy, układy hydrauliczne, pneumatyczne czy inne.

*) Wartość S nie jest przytaczana ze względu na dużą złożoność wyrażenia

Przy założeniu, że na głowice działa jedynie zakłócenie w postaci bicia wirnika schemat układu przedstawia rys. 15.



Rys. 15. Rozkład sił działających na głowice

a - schemat głowicy

- 1 - wirnik,
- 2 - głowica,
- 3 - sprężyny

b - układ zastępczy

- B_1, B_2 - tłumienie wiskotyczne ruchu głowicy w powietrzu
- K_1 - stała zawieszenia sprężystego na warstwie powietrza
- K_2 - stała zawieszenia na sprężynach
- m - masa głowicy
- y_1, y_2 - wychylenie

Równanie sił działających na głowice jest następujące:

$$m\ddot{y}_2 + (B_1 + B_2)\dot{y}_2 + (K_1 + K_2)y_2 = B_1 \cdot \dot{y}_1 + K_1 \cdot y_1 \quad /24/$$

Zakładając, że:

$$B_2 \cdot \dot{y}_2 \ll B_1 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1)$$

Tłumienie w warstwie powietrza jest większe niż tłumienie sprężyn zawieszenia

$$K_2 \cdot y_2 \ll K_1 (y_2 - y_1)$$

Sztywność zawieszenia aerodynamicznego jest większa niż zawieszenia na sprężynach

otrzymujemy:

$$m\ddot{y}_2 + (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) B_1 + (y_2 - y_1) K_1 = 0 \quad /25/$$

Zakładając, że ruch głowicy i ruch wymuszający wyrażone są przez funkcje:

$$y_1 = A_1 \sin \omega t$$

$$y_2 = A_2 \sin \omega t$$

otrzymujemy:

$$\dot{y}_1 = A_1 \omega \cos \omega t$$

$$\dot{y}_2 = A_2 \omega \cos \omega t$$

$$\ddot{y}_2 = A_2 (\dot{\omega} \cos \omega t - \omega^2 \sin \omega t)$$

i po podstawieniu otrzymujemy:

$$mA_2 (\dot{\omega} \cos \omega t - \omega^2 \sin \omega t) + B_1 \omega \cos \omega t (A_2 - A_1) + K_1 \sin \omega t (A_2 - A_1) = 0 \quad /26/$$

po przekształceniach natomiast

$$\frac{A_1 - A_2}{A_2} = \frac{m(\dot{\omega} - \omega^2 \operatorname{tg} \omega t)}{B_1 \omega + K_1 \operatorname{tg} \omega t} \quad /27/$$

a ponieważ część naturalna drgań wyraża się przez

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_1}{m}}$$

oraz zakładając, że

$$\dot{\omega} = 0$$

i ponadto, że tłumienie jest małe, otrzymujemy:

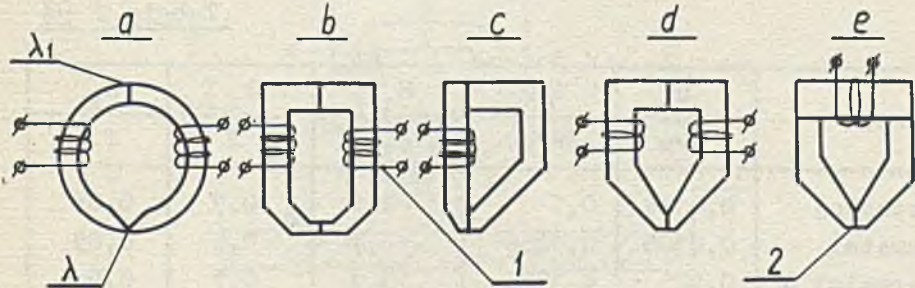
$$\frac{A_2 - A_1}{A_2} \approx \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2 \quad /28/$$

Otrzymana zależność [2] jest jedynie przybliżonym oszacowaniem zjawisk dynamicznych zachodzących w układzie głowicy. Dokładniejsza analiza ruchu wymaga bardzo złożonego rachunku i należy ją wykonywać uwzględniając zjawiska zachodzące w warstwie aerodynamicznej^{x)}.

Przeprowadzone rozważania uzupełnione były w IMM obszernymi badaniami, które pozwoliły na stwierdzenie w jakim stopniu zależności teoretyczne mogą być stosowane do zagadnień praktycznych, oraz pozwoliły na znalezienie pewnych współczynników uwzględniających przepływ 3 osiowy w uproszczonej analizie pracy głowicy [4].

3. KONSTRUKCJA OBWODU MAGNETYCZNEGO

W głowicach magnetycznych stosowane są zwykle typy obwodów magnetycznych przedstawione na rys. 16.

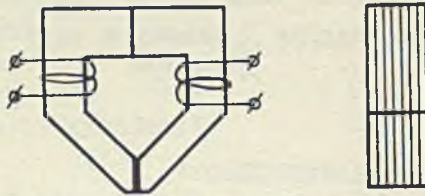


Rys. 16. Różne rozwiązania konstrukcyjne obwodów magnetycznych głowicy pamięci bębnowych i dyskowych

a - obwód toroidalny z wewnętrznym podcięciem rdzenia,
b - obwód prostokątny, c - obwód niesymetryczny "ceowy" z płaską boczną zworą, d - obwód "dwoceowy", e - obwód symetryczny ze zworą tylną, λ - szczelina robocza, λ_1 - szczelina pomocnicza, 1 - uzwojenie, 2 - czoło głowicy

^{x)} Jeden z przykładów takich obliczeń podany jest w pracy [4]

Obwody wykonuje się z takich materiałów jak mumetale, permaloje, alfenole czy ferryty /spiek ceramiczny Fe_2O_3 , NiO, ZnO/. Zaliczane są one do materiałów magnetycznych miękkich i odznaczają się dość dużą indukcją B i małym natężeniem powściągającym H_0 /tabela 2/. W celu uniknięcia powstawania w głowicy prądów wirowych w materiałach o małej oporności właściwej /stopy metaliczne/, obwód magnetyczny wykonuje się z szeregu odizolowanych od siebie warstw /rys. 17/.



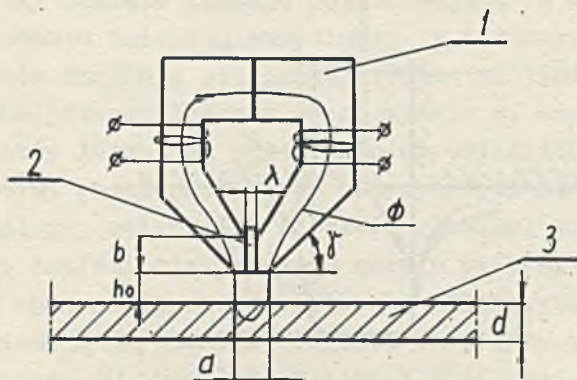
Rys. 17. Obwód magnetyczny wykonany z odizolowanych od siebie blaszek z magnetycznego stopu metalicznego

Tabela 2 [8]

Nazwa	μ_D	μ_m	H_c	B_r	B_s
	H/m	H/m	A/m. 10^{-7}	T	T
Permaloj	0,0188	0,1	3,1	0,7	0,85
Mumetal	0,0188	0,1256	3,7	0,6	0,85
Permaloj C	0,125	0,1256	3,1	0,7	0,9
1040	0,05	0,15	1,2	0,45	0,58
Ferryt gęsty FG-2	0,00108	-	16	-	0,35

Proces zapisywania informacji przebiega w następujący sposób. Gdy w uzwojeniu głowicy płynie prąd, w jej obwodzie magnetycznym powstaje strumień, którego część w obszarze szczeliny roboczej wypychana jest na zewnątrz, przemagnesowując przesuwający się nośnik do określonej pozostałości magnetycznej. Odczyt informacji polega na indukowaniu w uzwojeniu głow-

wicy sił elektromotorycznych. Wtedy bowiem przemagnesowany element przesuwając się pod głowicą powoduje powstawanie zmieniającego się strumienia w obwodzie magnetycznym głowicy, który z kolei wywołuje SEM w jej uzwojeniu. Taki sposób zapisywania informacji narzuca pewne wymagania, którym musi odpowiadać głowica zapisująca. Przede wszystkim natężenie wytwarzanego przez nią pola magnetycznego w przestrzeni zajmowanej przez warstwę nośnika musi posiadać odpowiednio dużą wartość, aby pod jego wpływem nośnik rzeczywiście przemagnesował się od jednego stanu nasycenia do drugiego. Oprócz tego ze względu na powierzchniową gęstość rejestracji, pole magnetyczne głowicy piszącej powinno oddziaływać jedynie na stosunkowo niewielki obszar nośnika. Powinno więc być to pole skupione, czyli pole o silnej koncentracji wokół zadanego miejsca. Miejs-
cem tym jest właśnie szczelina robocza.



Rys. 18. Schemat procesu magnesowania głowicą nośnika magnetycznego i wymiary geometryczne głowicy

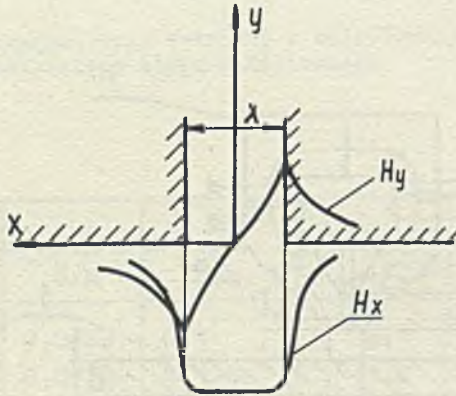
1 - obwód magnetyczny, 2 - szczelina robocza, 3 - nośnik magnetyczny

d - grubość nośnika magnetycznego, ϕ - strumień magnetyczny, h_0 - odległość głowicy od nośnika, λ - szerokość szczeliny roboczej

Na temat rozkładu pola w obszarze szczeliny istnieje obszerna literatura [11, 16, 17], nie przytaczając więc złożonego rachunku przedstawione tu zostaną jedynie zasadnicze

problemy, które występują przy projektowaniu obwodu magnetycznego głowicy z uwzględnieniem rozkładu pola w szczelinie.

O rozkładzie pola wokół szczeliny roboczej decyduje geometria szczeliny, mianowicie: szerokość szczeliny λ , kąt γ i τ_1 , głębokość czoła b , szerokość czoła a i grubość warstwy d . Ponadto mają na niego wpływ parametry magnetyczne obwodu, warstwy magnetycznej, materiału wypełniającego szczelinę roboczą, odległość h_0 , oraz wielkość prądu płynącego w uzwojeniu głowicy /rys. 18/. Zakładając, że grubość głowicy /wymiar w kierunku prostopadłym do rys. 18/ jest dostatecznie duża, pole wychodzące w obszarze szczeliny roboczej można traktować jako płaskie i przedstawić je w formie dwóch składowych H_x i H_y /rys. 19/.



Rys. 19. Rozkład pola w szczelinie roboczej /pole dwuwymiarowe bez uwzględnienia wpływu nośnika magnetycznego/

Dla przypadków, kiedy odległość między czołem głowicy a warstwą nośnika nie jest zbyt mała w porównaniu z szerokością szczeliny roboczej, maksymalna wartość składowej wzdłużnej H_x wektora natężenia pola rozproszenia szczeliny roboczej jest większa od maksymalnej wartości składowej pionowej H_y . Dlatego też, biorąc pod uwagę, że nośnik magnetyczny posiada pętlę histerezy zbliżoną do prostokąta, przyjmuje się, że wpływ składowej H_y jest pomijany.

Problem znalezienia rozkładu pola w szczelinie roboczej rozwiązywany jest za pomocą metody odwzorowań konforemnych [17]. Badane zagadnienia można wtedy sprowadzić do zagadnienia prostszego, którego rozwiązanie jest znane.

Zakładając, że istnieje funkcja analityczna

$$w(x, y) = u(x, y) + v(x, y)$$

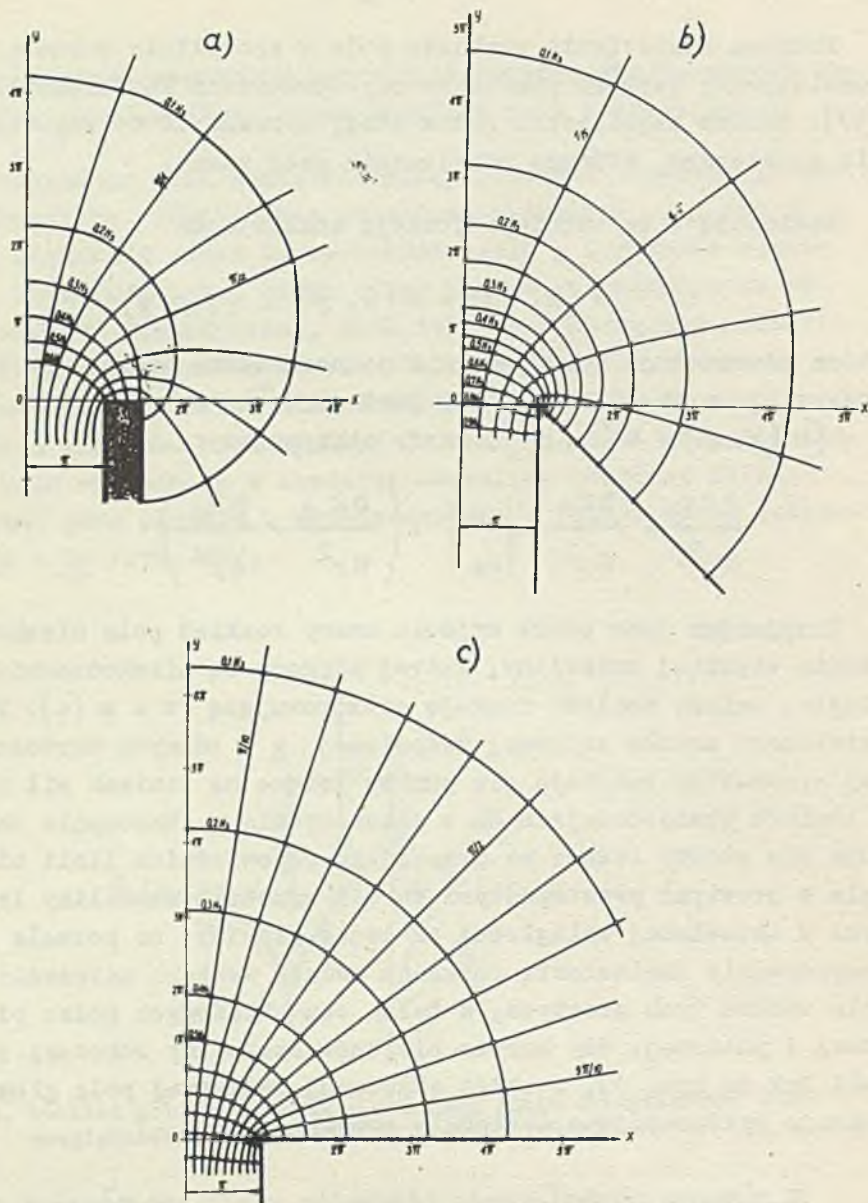
która odwzorowuje konforemnie i jednoznacznie obszar \underline{D} na obszar \underline{d} oraz, że spełniony jest warunek: $\varphi(x, y) = \varphi[u(x, y) + v(x, y)]$, wtedy otrzymujemy:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial u^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial v^2} = \left| \frac{dw}{dz} \right| \cdot \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \right)$$

Przyjmując jako punkt wyjścia znany rozkład pola nieskończenie cienkiej szczeliny, której bieguny są nieskończenie długie, należy znaleźć funkcję odwzorowującą $w = w(z)$. Dla ustalonego modułu zmiennej zespolonej z i różnych wartości jej argumentów znajduje się punkty leżące na liniach sił pola i liniach ekwipotencjalnych w płaszczyźnie \underline{w} . Następnie znajduje się punkty leżące na przecięciu odpowiednich linii sił pola z prostymi prostopadłymi do osi symetrii szczeliny leżącymi w określonej odległości od czoła głowicy, co pozwala na bezpośrednie znalezienie rozkładu modułu wektora natężenia pola wzdłuż tych prostych, a także obu składowych pola: pionowej i poziomej. Gdy kontur biegunów szczeliny roboczej jest taki jak na rys. 19, rozkład składowej wzdłużnej pola głowicy opisuje wystarczająco dokładnie równanie [9]:

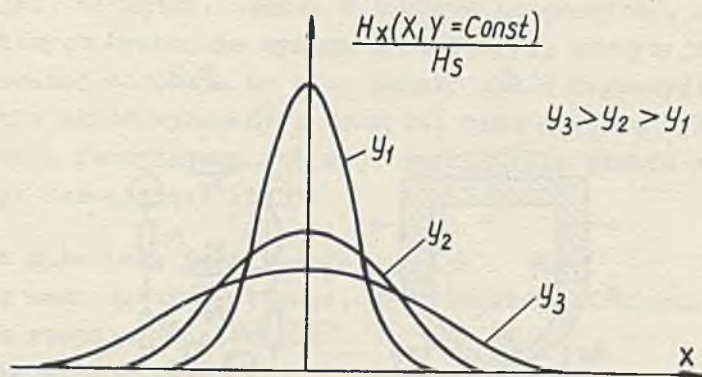
$$\frac{H_x(x, y)}{H_s} = \frac{1}{\pi} \left[\arctg \frac{\lambda + x}{y} + \arctg \frac{\lambda - x}{y} \right] \quad /29/$$

Rozkład linii ekwipotencjalnych w szczelinie roboczej pokazano na rys. 20.



Rys. 20. Rozkład linii ekwipotencjalnych pola głowicy w obszarze szczeliny roboczej dla 3 różnie uformowanych biegunów głowicy [17] /a, b, c/

3. 21 przedstawiony został wykres składowej H_x pola wokół szczeliny roboczej w różnych odległościach od czoła głowicy.



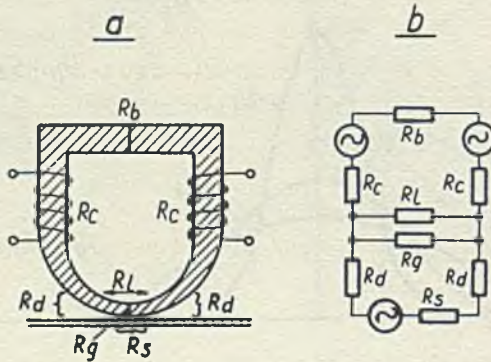
Rys. 21. Rozkład składowej pola H_x wokół szczeliny roboczej w różnych odległościach od czoła głowicy [9]

Innym zagadnieniem związanym z prawidłowym zapisem i odczytem jest odpowiednie "dopasowanie" elektryczne głowicy do współpracujących z nią układów elektronicznych. W celu rozwiązania tego zadania głowicę zastępuje się obwodem elektrycznym, który następnie rozpatrywany jest pod kątem współpracy z innymi układami. Jeden z przykładów obwodów zastępczych pokazano na rys. 22 [10].

Rozważania teoretyczne, na skutek wprowadzania licznych założeń upraszczających i złożoności rachunku, nie dają jednoznacznej odpowiedzi jak dobrać wszystkie wymienione uprzednio parametry obwodu, aby uzyskać optymalne rozwiązanie konstrukcyjne głowicy. Koniecznym uzupełnieniem są więc badania obwodu w warunkach pracy i badania uwzględniające parametry nośnika magnetycznego.

Jednym ze wskaźników pozwalających ocenić jakość zaprojektowanego i wykonanego obwodu magnetycznego jest tzw. spraw-

ność głowicy, wyrażona jako stosunek wielkości pola wytwarzanego w obszarze szczeliny roboczej /wyposażonego w Oerstedach/ do wielkości prądu zapisu /wyrażonego w amperozwojach/ w odniesieniu do jednostkowej szerokości ścieżki.



Rys. 22. Budowa układu zastępczego głowicy [16]

a - głowica, b - układ zastępczy

R_b - oporność szczeliny pomocniczej, R_c - oporność rdzenia w obszarze uzwojenia, R_l - oporność rdzenia w obszarze szczeliny roboczej, R_g - oporność szczeliny roboczej, R_d - oporność pomiędzy obwołem magnetycznym a warstwą

Dla głowicy na przykład pracującej w styku z nośnikiem magnetycznym o $H_c = 230$ Oe i szerokości 1 mm, która do zapisu musi być zasilana prądem 200 mA, płynącym w cewce o 20 zwojach, otrzymujemy:

$$\text{sprawność} = \frac{230 \cdot K}{200 \cdot 20} \left[\frac{\text{Oe}}{\text{mAz}} \right] = K \cdot 58 \left[\frac{\text{Oe}}{\text{Az}} \right] = 70 \left[\frac{\text{Oe}}{\text{Az}} \right]$$

gdzie $K \geq 1$ jest współczynnikiem wyrażającym stosunek pola wytwarzanego przez głowicę do pola niezbędnego do przemagnesowania nośnika magnetycznego i przy pracy w styku może być przyjęty $K \approx 1,2$.

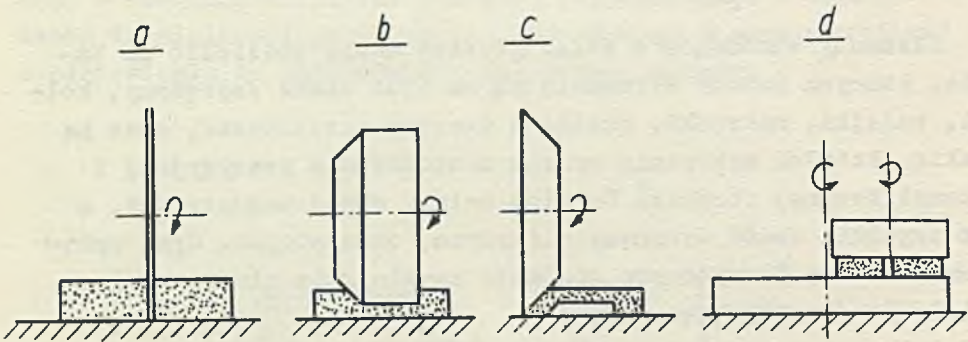
4. ZAGADNIENIA TECHNOLOGII ELEMENTÓW GŁOWICY I MONTAŻU

Elementy wchodzące w skład głowicy można podzielić na takie, których metody wykonania są na ogół znane /sprężyny, kołki, tulejki, nakrętki, części z tworzyw sztucznych/, oraz na takie, których wykonanie wymaga zastosowania precyzyjnej i skomplikowanej obróbki. Do nich należy obwód magnetyczny, a szczególnie obwód wykonany z ferrytu, oraz stopka. Cykl wykonania obwodu ferrytowego obejmuje zwykle /dla głowic wielośladowych/ następujące etapy:

- badania materiału ferrytowego
- obróbkę mechaniczną - cięcie, profilowanie, docieranie
- obróbkę ręczną - docieranie
- łączenie elementów
- nacinanie poszczególnych obwodów
- uzważanie.

B a d a n i a m a t e r i a ł o w e wykonywane przez producenta czy kontrolę dostaw, winny obejmować parametry magnetyczne /przenikalność początkowa, indukcja, natężenie powściągające, współczynnik strat i inne/; elektryczne /oporność właściwa/; mechaniczne i fizyczne /gęstość, twardość, kształt i wielkość ziarna i inne/. Bezpośrednio dla wykonawcy istotne są wyniki badań defektoskopowych, które eliminują materiał z ukrytymi wadami wewnętrznymi. Dobre wyniki otrzymuje się stosując badania ultradźwiękowe, pozwalające na wykrycie nieciągłości struktury ferrytu i uszkodzeń rzędu 0,1 mm oraz na ustalenie ich położenia.

O b r ó b k a m e c h a n i c z n a f e r r y t u odbywa się zwykle na szlifierkach wyposażonych w narzędzia diamentowe do cięcia - piły, oraz narzędzia profilowe do wykonywania zarysów wewnętrznych i zewnętrznych kształtki. Powierzchnie płaskie obrabia się na szlifierkach i docieraczkach tarczowych z zastosowaniem proszków ściernych korborundowych i diamentowych /rys. 23/.



Rys. 23. Różne typy narzędzi diamentowych do obróbki ferrytu

a - piła tarczowa, b - tarcza profilowa do zarysu wewnętrznego, c - tarcza profilowa do zarysu zewnętrznego, d - obróbka płaskich powierzchni na szlifierce tarczowej

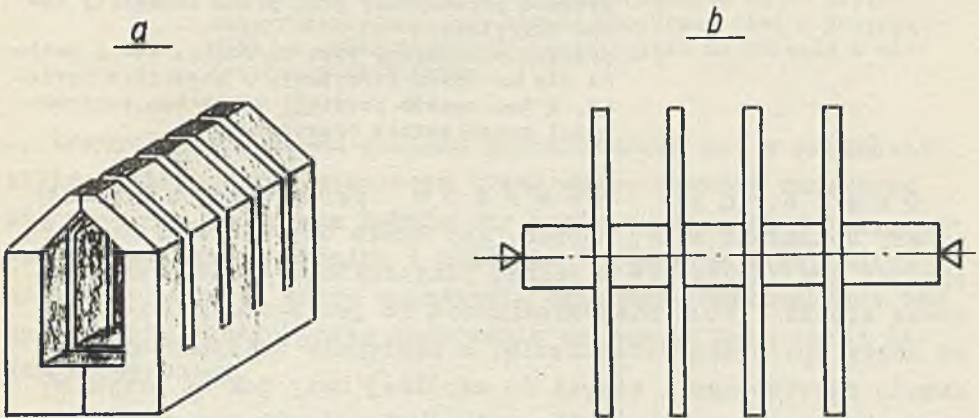
Zasadniczo stosuje się dwa typy narzędzi diamentowych. Pierwszy z nich posiada nasyp diamentowy na podłożu metalicznym, drugi na podłożu ceramicznym. Narzędzia z nasypem o podłożu metalicznym służą do zdejmowania znacznej ilości materiału, a uzyskiwane z obróbki powierzchnie nie posiadają zwykle dużej gładkości /chropowatość ok. $6 \div 8$ klasy ISO/. Narzędzia o podłożu ceramicznym przeznaczone są głównie do obróbki wykańczającej i są o wiele mniej trwałe.

Do obróbki powierzchni płaskich stosuje się kilka gradacji ziarna ściernego /od ok. 20 do $1 \mu\text{m}$ /, wskazane jest przy tym, aby na jednej maszynie używany był przez dłuższy okres czasu ten sam proszek, bowiem zmiana wielkości ziarna wymaga dokładnego umycia całego stanowiska.

O b r ó b k a r ę c z n a następuje po obróbce mechanicznej i ma na celu głównie podniesienie gładkości obrabianych elementów. Dokonuje się jej na płytach z zastosowaniem past diamentowych o stopniowo malejącej wielkości ziarna. Obróbka ta pozwala na uzyskanie 14 klasy chropowatości ISO oraz płaskości rzędu $0,2 \mu\text{m}$ na powierzchniach paru centymetrów kwadratowych.

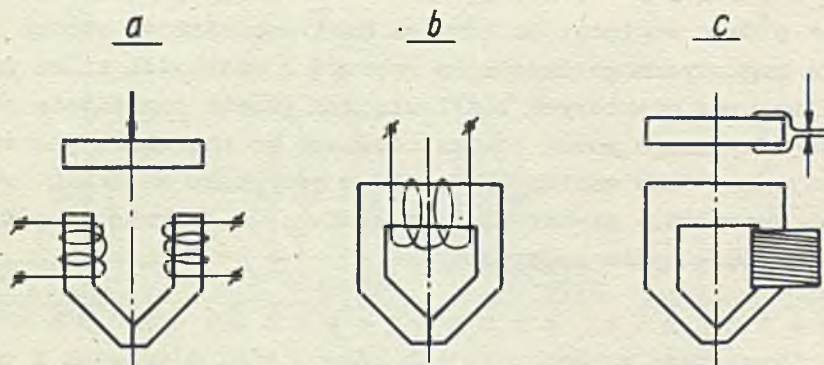
Ł ą ć z e n i e e l e m e n t ó w f e r r y t o w y c h k o n i e c z n e j e s t z t e g o w z g l ę d u , ż e g ł o w i c a m u s i p o s i a d a ć o d s t r o n y n o ś n i k a m a g n e t y c z n e g o s z c z e l i n ę r o b o c z ą o w i e l k o ś c i k i l k u μm , a p o n a d t o p r z y n i e k t ó r y c h k o n s t r u k c j a c h g ł o w i c z a m k n i ę c i a o b w o d u m a g n e t y c z n e g o m o ż n a d o k o n a ć d o p i e r o p o n a ł o ż e n i u g o t o w e g o u z w o j e n i a . J a k o s p o i w a u ż y w a s i ę w p r z y p a d k u s z c z e l i n r o b o c z y c h p r z e w a ż n i e n i s k o t o p l i w y c h s z k i e ł , d o z a m k n i ę c i a n a t o m i a s t o b w o d u - ż y w i c e p o k s y d o w y c h .

N a c i n a n i e p o s z c z e g ó l n y c h o b w o d ó w w y s t ę p u j e w k o n s t r u k c j a c h g ł o w i c w i e ł o ś l a d o w y c h i o d b y w a s i ę n a p i ł a c h d i a m e n t o w y c h p o j e d y n c z o l u b z e s t a w e m t a r c z . W e f e k t e o t r z y m u j e s i ę " g r z e b i e Ń " , n a k t ó r y n a k ł a d a s i ę u z w o j e n i e l u b p o d d a j e d a l s z e j o b r ó b c e / r y s . 2 4 / .



Rys. 24. a/ Bloczek ferrytowy nacięty na głowicę wielośladową
b/ Zestaw pił diamentowych

U z w a j a n i e g ł o w i c w z a l ę ż n o ś c i o d k o n s t r u k c j i m o ż e o d b y w a ć s i ę p o p r z e z z a ł o ż e n i e n a o b w ó d f e r r y t o w y u p r z e d n i o n a w i n i ę t e j c e w k i i w t e d y o b w ó d m u s i b y ć z a m k n i ę t y d o k l e j o n ą z w o r ą , a l b o u z w o j e n i e n a k ł a d a n e j e s t n a z a m k n i ę t y o b w ó d i g ł ą l u b w p r z y p a d k u n i e w i e l k i e j l i c z b y u z w o j e Ń p r z e z z a ł o ż e n i e f o l i i z n a n i e s i o n y m n a n i ą u z w o j e n i e m / r y s . 2 5 / .

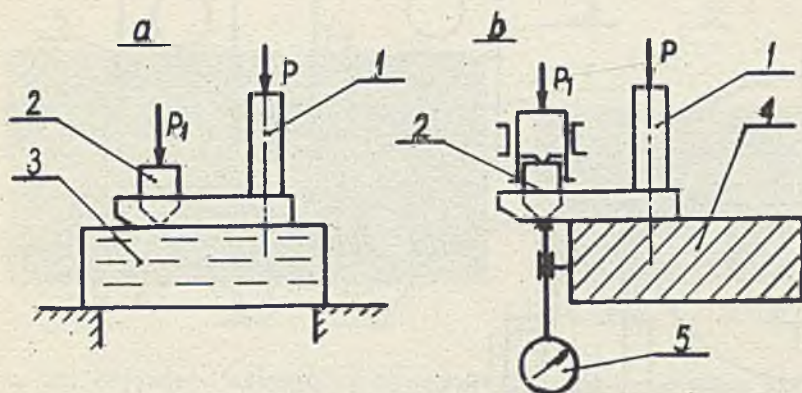


Rys. 25. Różne sposoby uzwojania głowicy

- a - cewki nakładane są na obwód ferrytowy i zamknięte zworą,
- b - przewód przewlekany jest przez zamknięty obwód ferrytowy,
- c - przewód naniesiony jest na folię, którą nakłada się na obwód ferrytowy, a następnie zgrzewa. W ten sposób powstaje cewka bez konieczności przewlekania przewodu

O s a d z e n i e o b w o d ó w ferrytowych w stopkach należy dokonywać w ten sposób, aby czoło obwodu ze szczeliną roboczą znajdowało się w jednej płaszczyźnie z powierzchnią nośną stopki i to z niedokładnością do jednego μm . Osiągnąć to można np. przez dociśnięcie, a następnie unieruchomienie obwodu ferrytowego i stopki do wspólnej bazy jak na przykład płytka interferencyjna, albo ustawienie stopki w przyrządzie z czujnikiem i dosuwanie obwodu ferrytowego do płaszczyzny stopki, a następnie unieruchomienie klejem /rys. 26/.

S p r a w d z a n i e g ł o w i c y następuje podczas produkcji, w czasie kontroli międzyoperacyjnej i kontroli ostatecznej. Na kontrolę międzyoperacyjną składa się sprawdzenie kształtu, parametrów magnetycznych i gładkości. Obwód magnetyczny po wykonaniu szczeliny roboczej, podlega zwykle testowaniu ciągami impulsów elektrycznych w celu wykrycia ewentualnych uszkodzeń i nieprawidłowego złączenia kształtek.



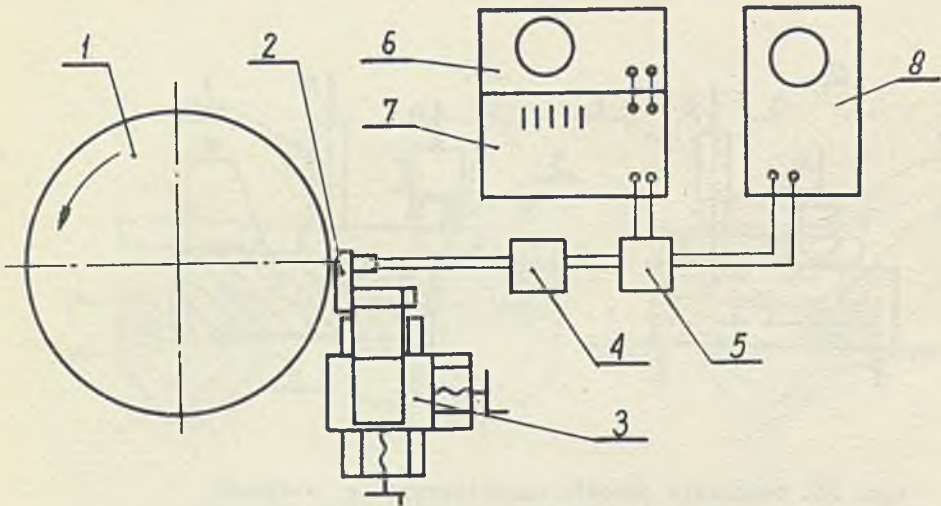
Rys. 26. Osadzenie obwodów magnetycznych w stopkach

1 - stopka, 2 - obwód ferrytowy, 3 - płytki interferencyjna, 4 - przyrząd, 5 - czujnik

a - stopka i obwód ferrytowy dociśnięte są do płytki interferencyjnej, b - stopka umocowana jest w przyrządzie, a obwód ferrytowy wsuwany jest do gniazda i kontrolowany czujnikiem

Kontrolę ostateczną powinno przeprowadzać się w warunkach zbliżonych do pracy w gotowym urządzeniu. Głowicę umieszcza się wtedy na wzorcowym bębnie czy dysku w określonej odległości od powierzchni nośnika i podłącza do układów elektronicznych symulujących pracę w maszynie cyfrowej. Możliwe jest też sprawdzanie głowic przez testowanie za pomocą dołączonej maszyny cyfrowej.

W Instytucie Maszyn Matematycznych do sprawdzania głowic bębnowych stosowane jest urządzenie składające się z bębna wzorcowego zaopatrzonego w suport do ustawiania i pomiaru odległości głowicy od nośnika oraz wyposażonego w generator kodu, pozwalający na zapis słów 16-bitowych o dowolnej kombinacji. W czasie odczytu zapisane uprzednio sygnały obserwuje się na lampie oscyloskopowej mierząc amplitudy i fazy odczytywanych sygnałów /rys. 27/.

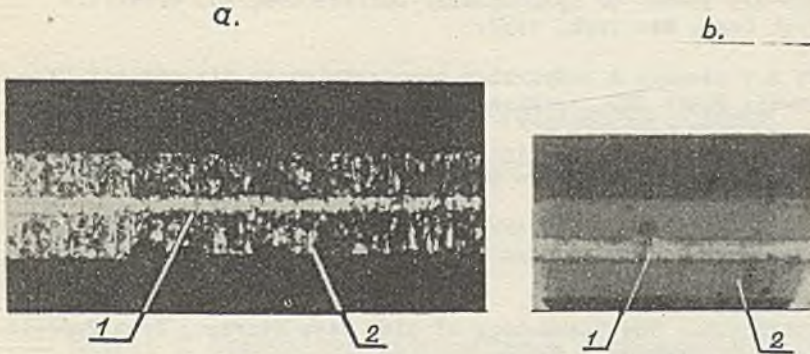


Rys. 27. Schemat urządzenia do kontroli ostatecznej głowic bębnowych opracowanego w IMM

1 - bęben, 2 - głowica, 3 - suport krzyżowy, 4 - przełącznik wybierania ścieżek, 5 - przełącznik zapis - odczyt, 6 - generator sinusoidalny, 7 - generator programowany kodu, 8 - oscyloskop

Z a g a d n i e n i a w y k o n a n i a s t o p e k
g ł o w i c p r a c u j ą c y c h z p o d p a r c i e m
a e r o d y n a m i c z n y m

Stopki głowic ze względu na niewielką odległość ustawienia od nośnika magnetycznego w czasie pracy /rzędu kilku μm / muszą posiadać odpowiednio wysoką dokładność wykonania i gładkość. Powierzchnie nośne wklęsłe, wypukłe czy płaskie, w zależności od rozwiązania konstrukcyjnego, muszą posiadać chropowatość $13 \div 14$ kl. ISO. Metody wykonawcze stosowane przez różne firmy są różne. Np. Bryant wykonuje stopki do głowic bębnowych razem ze sprężynami z tworzywa sztucznego mylaru, IBM do głowic dyskowych wykonuje stopki ze stali niemagnetycznej metodą tłoczenia, w IMM stopki wykonywane są z duraluminium /PA-6/, a następnie anodowane w celu podniesienia ich twardości przy jednoczesnym zachowaniu małej masy. Cechą wspólną tych różnych procesów musi być duża powtarzalność i dokładność produkcji.



Rys. 28. Zdjęcie z mikroskopu metalograficznego fragmentów czół głowicy o niskiej /a/ i wysokiej gładkości czoła /b/ przy pow. x 600
1 - szczelina robocza
2 - bieguny głowicy

5. ZAKOŃCZENIE

W pracy przedstawione zostały w skrócie problemy, z którymi spotyka się konstruktor przystępujący do opracowania głowicy pamięci bębnowej, dyskowej czy innej. Są one trudne, dotyczą bowiem szeregu dziedzin techniki jak aerodynamika, dynamika, fizyka, a także wymagają uwzględnienia parametrów nośnika magnetycznego, układów elektronicznych zapisu, odczytu i wybierania, zagadnień technologicznych, oraz prowadzenia złożonych pomiarów. Dalszym utrudnieniem jest wymaganie takiego projektu głowicy, która zapewni odpowiednią powtarzalność produkcji; poszczególne głowice bowiem pracują zwykle ze wspólną częścią elektroniczną, a w szeregu konstrukcjach przesuwane są ponadto na różne ścieżki. Poruszone problemy nie wyczerpują oczywiście całej tematyki, powinny jednak pozwolić na zorientowanie się w jej złożoności.

Literatura

Konstrukcja zawieszenia głowicy

- [1] MAC DUFF, CURRERI R.: Drgania w technice, PWT, Warszawa, 1960.
- [2] GROSS W.A.: Gas Film Lubrication, John Wiley and Sons, New York, 1962.

- [3] PINKUS O.: Theory of Hydrodynamic Lubrication, Mc. Graw-Hill Book Comp. New York, 1962.
- [4] PARVI S.: Głowice z podparciem aerodynamicznym dla pamięci bębnowej, Prace IMM, Warszawa 1966.
- [5] MOHIRA: Rotational Expansion of Memory Drum, Rev. of Electr. Com. Labor., September - October, 1965: 13, 9-10.
- [6] MOHRI Y., KURIHARA T.: Mechanism and Construction of Magnetic Memory Drums, Rev. of Electr. Com. Labor., January - February 1968: 16, 1, 2.
- [7] EPPSTEIN A.D.: The Technology of Disk Data Storage, Data Processing Mag., September 1968.

Prospekty:

Bryant Computer Products
VERMONT Research Corporation - Products
IBM - Products

Konstrukcja obwodu magnetycznego

- [8] KOPROWSKI E.: Głowice urządzeń rejestracji magnetycznej, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1968.
- [9] KILIŃSKI J.: Praca zbiorowa - Układy elektroniczne m.c. - Politechnika Warszawska, Warszawa, 1968.
- [10] HOGLAND A.: Digital Magnetic Recording, John Wiley and Sons, New York, 1963.
- [11] MEE C.: The Physics and Magnetic Recording, Nort-Hellan P.Com., Amsterdam, 1964.
- [12] KOLAN U., ADASKO J., PUPE P.: Zapominajušce ustrojstwa, bolšoj emkosti, "Energia", Moskwa, 1968.
- [13] SCHOLZ: Magnetband - Speichertechnik, Berlin 1968.
- [14] In-Contact Disc Memories - DATAMATION - 1968.
- [15] FAN G.: A Study of the Playback Process of Magnetic Ring Head, IBM Journal, October, 1961.
- [16] FRANCIS E.E., KU T.C.: A Theoretical Solution for the Magnetic Field in the Vicinity of a Recording Head Air Gap, IBM Journal, April, 1962.
- [17] ŁĄGWIŃSKI W.: Niektóre zagadnienia rejestrowania informacji w postaci binarnej na nośniku magnetycznym, Politechnika Warszawska, 1964.

ВОПРОСЫ ПО КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ГОЛОВОК ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА МАГНИТНЫХ БАРАБАНАХ И ДИСКАХ

Резюме

Запись и считывание информации в запоминающих устройствах на магнитных барабанах и дисках цифровых вычислительных машин происходит при помощи магнитных головок. Эти головки в зависимости от их конструкции упруго закреплены к передвижному носителю, или эластически подвешены на пружинах.

Магнитная цепь головки принимает непосредственное участие в записи и считывании. Одновременно существует тенденция так построить цепь, чтобы получить возможно самую густую запись.

В работе указаны проблемы связанные с проектированием подвески головки и магнитной цепи. Они касаются вопросов термических деформаций конструкции, аэродинамики и динамики подвески, а также вопросов по распределении магнитного поля, по замещающей цепи и т.п.

Теоретические решения пополнены результатами исследований проведенных в Институте математических машин в Варшаве, а также замечаниями по процессе производства ферритовых цепей и ножек.

Работа включает просмотр головок запоминающих устройств на магнитных барабанах и дисках, которых производство ведется в Польше, а также короткое описание их конструкции.

THE PROBLEM OF THE CONSTRUCTION AND TECHNOLOGY OF MAGNETIC DRUM AND
DISK MEMORY HEADS

Summary

Writing and reading information in computer magnetic drum and disk memories is performed by means of magnetic heads. Depending on their construction these heads are either stiff fixed to the shifting carrier or elastically suspended on springs.

The head magnetic circuit takes a direct part in writing and reading. This circuit construction tends to reach as big the recording density as possible.

The paper presents problems connected with the design of the suspension of the magnetic head and the magnetic circuit. They concern the questions of the construction thermal deformations, aerodynamics and dynamics of the suspension, magnetic field distribution, substituting circuit and so on.

Theoretical solutions are supplemented with conclusions deriving from investigations carried out in the Institute of Mathematical Machines in Warsaw and notes on the process of ferrite circuit and wing manufacturing.

Moreover, the paper includes a review of the manufactured drum and disk memory heads with a short description of their constructions.

URZĄDZENIE DO WIZUALNEJ KONTROLI STANÓW PAMIĘCI

Andrzej OBLAMSKI
Sławomir WOLSZCZAK

Pracę złożono 2.09.1970

W artykule opisano proste urządzenie, umożliwiające wizualną kontrolę zawartości ferrytowej pamięci operacyjnej. Składa się ono z generatora programowanego /testera/, konwerterów cyfrowo-analogowych, oscyloskopu i zasilacza. Przedstawiono przykłady praktycznego wykorzystania układu w czasie uruchamiania pamięci. Obraz stanów pamięci uwidoczniiony na ekranie stanowi bardzo wygodną ilustrację zawartości pamięci, nie tylko w procesie kontroli poprawności działania, lecz także do celów dydaktycznych.

1. WSTĘP

W zasadzie brak jest literatury dotyczącej specyficznych metod miernictwa impulsowego, które mogłyby ułatwić uruchamianie pamięci współczesnych maszyn cyfrowych. Dlatego autorzy za celowe uważają przedstawienie niektórych własnych osiągnięć w tym zakresie.

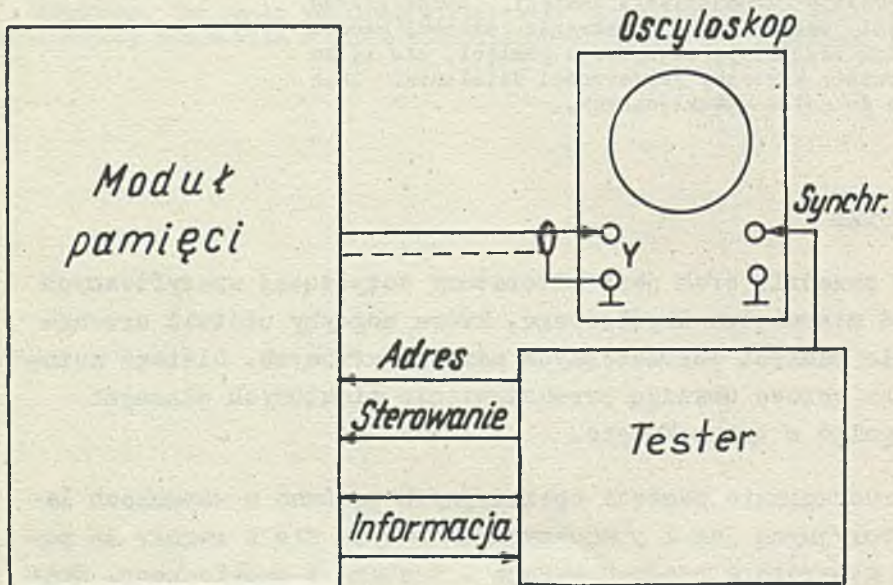
Uruchamianie pamięci operacyjnych zarówno w warunkach laboratoryjnych jak i produkcyjnych odbywa się z reguły za pomocą generatora programowanego - testera i oscyloskopu. Czasem w warunkach produkcyjnych opłacalne jest zautomatyzowanie tych prac i użycie do tego celu maszyny cyfrowej z odpowiednimi testami sprawdzającymi. W przypadku poprawności realizacji tych testów względnie ich części, maszyna cyfrowa wydaje auto-

matycznie decyzję o prawidłowości pracy pamięci lub pewnych jej układów. Dla układów niesprawnych maszyna dostarcza informacje o przewidywanym miejscu usterki. Uruchamianie pamięci jedynie za pomocą testera i oscyloskopu jest uciążliwe.

W artykule omówione zostanie urządzenie umożliwiające wizualne przedstawienie stanów pamięci, znacznie ułatwiające prace przy uruchamianiu pamięci.

2. OGÓLNY OPIS STANOWISKA DO URUCHAMIANIA PAMIĘCI

Na rys. 1 przedstawiono schemat blokowy standardowego stanowiska do uruchamiania pamięci.



Rys. 1. Schemat blokowy standardowego stanowiska do uruchamiania pamięci

Tester symuluje te fragmenty maszyny cyfrowej, które w rzeczywistych warunkach pracy pamięci dostarczają do niej impulsów sterujących poszczególnymi mikrooperacjami /zapis, odczyt i inne/, impulsów adresowych określających miejsce w pamięci, którego mikrooperacja dotyczy, oraz informację, która ma być umieszczona w bloku nośnika informacji uruchamianej pamięci. Tester posiada na ogół jeszcze możliwość automatycznej kontroli prawidłowości odczytu przechowywanej w pamięci informacji. Do tego celu służą specjalne układy, tak zwane detektory błędów, których zadaniem jest wykrywanie przekłamania informacji poprzez porównanie informacji wzorcowej /zapisanej/ z odczytaną. W przypadku wykrycia niezgodności pomiędzy informacją wzorcową a odczytaną z pamięci, detektory te generują sygnał błędu. Może on być wykorzystany do zatrzymania generatora i wyświetlenia numeru adresu i bitu, na którym wystąpiło przekłamanie. Sygnalizowany adres i bit, na którym wystąpiło przekłamanie, czy też szereg takich adresów i bitów można zapisać, a następnie wyniki poddać wnikliwej analizie, pozwalającej ustalić źródła i przyczyny powstania błędu. Szczególną uwagę należy zwrócić na wykrycie wszelkich możliwych regularności otrzymanych wyników. Są one charakterystyczne dla danej organizacji pamięci i pomagają zlokalizować uszkodzenie.

Nie należy też zapominać, że wielką pomoc oddaje tu również oscyloskop, dzięki któremu poprzez kontrolę odpowiednich przebiegów impulsowych w pamięci można szybko sprawdzić słuszność postawionych w wyniku analizy hipotez i odrzucić nieprawdziwe z nich. Dzięki temu zawęża się obszar, w którym może występować poszukiwana usterka.

Pewne rodzaje uszkodzeń, jak np. zwarcie sąsiednich wierszy lub kolumn bloku nośnika informacji dają sygnalizację przekłamań na dużej liczbie adresów. Bezpośrednie ich wynotowanie ręczne i odpowiednie uszeregowanie względem tego samego bitu, bloku, wiersza lub kolumny, a następnie zanalizowanie pochłania wiele czasu. W końcu analiza tak dużej liczby wyników jest bardzo męcząca dla człowieka, co staje się dodatkowo źródłem błędów.

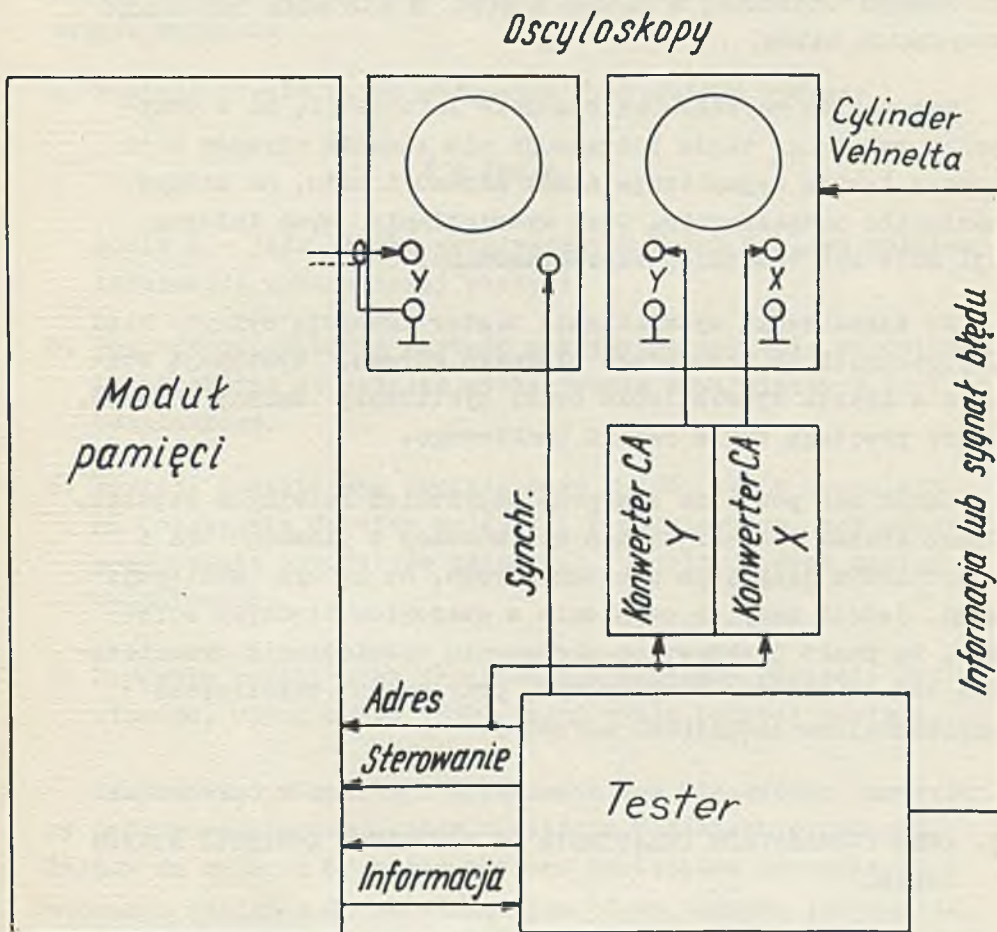
Zastosowanie stanowiska do bezpośredniej wizualnej kontroli zawartości informacji w badanej pamięci pozwala na uniknięcie niejednokrotnie żmudnych czynności związanych z oceną miejsca i przyczyn powstania przekłamań. Wynika to z faktu, że wszystkie informacje o występujących usterkach znajdują się na wyświetlonym obrazie zawartości pamięci i pozwalają precyzyjnie ustalić ich przyczynę.

Metoda otrzymania obrazu stanów pamięci opiera się na wyświetleniu informacji wszystkich słów badanej pamięci w postaci wierszy i kolumn na ekranie oscyloskopu. Otrzymuje się wówczas raster punktowy o różnej jaskrawości wyświetlania poszczególnych punktów, w zależności od rodzaju informacji "0" czy "1" oraz od sygnału błędu.

Schemat blokowy stanowiska do wizualnej kontroli zawartości pamięci przedstawiano na rys. 2.

Kontrolę zgodności przechowywanych w pamięci informacji "0" i "1" z informacją zapisaną przeprowadza się jak już wspomniano za pomocą testera dla wszystkich kolejno odczytanych słów. Proces ten powtarza się następnie cyklicznie i może trwać przez dowolnie długi czas. Impulsy bitów adresowych wierszy X i kolumn Y podawane są z testera zarówno do pamięci jak i na wejście konwerterów cyfrowo-analogowych. Na wyjściu konwerterów ustalają się wówczas poziomy napięcia uzależnione od aktualnie wybranego adresu. Po doprowadzeniu tych poziomów napięcia na wejścia X i Y oscyloskopu otrzymuje się na jego ekranie raster punktowy złożony z 2^N wierszy i 2^M kolumn, gdzie N i M określają liczbę bitów adresu, na podstawie którego wybierane są odpowiednio współrzędne X i Y bloku nośnika informacji. Liczba punktów świetlnych tak powstałego rastru równa jest liczbie bitów w płacie. Impulsy odczytanej informacji "0" z poszczególnych miejsc pamięciowych lub impulsy sygnałów błędu w przypadku przekłamań pamięci

ci doprowadzone do cylindra Wehnelta lampy oscyloskopowej, powodują wygaszenie punktów świetlnych rastru zgodnie z wybranymi adresami, w których one występują. W ten sposób otrzymujemy wizualny obraz stanów wszystkich bitów danego



Rys. 2. Schemat blokowy stanowiska do uruchamiania pamięci z wizualną kontrolą informacji

płatu dla aktualnie odczytanych miejsc. Obraz ten może posiadać małe różnice w jaskrawości punktów świetlnych rastru w przypadku wystąpienia przekłamań pamięci tylko na jednym z bitów, wtedy gdy obrazy z poszczególnych płatów nakładają się na siebie. Aby temu zapobiec istnieje możliwość włączenia detektora błędów tylko dla dowolnych pojedynczych pól bitowych tak, aby otrzymany obraz był odzwierciedleniem informacji zapisanej w każdym z nich, a nie sumą informacji wszystkich bitów.

Gdy tester ma włączoną kontrolę informacji, to w przypadku wykrycia błędu zatrzymuje się licznik adresów i za pomocą lampek sygnalizuje numer adresu i bitu, na którym nastąpiło przekłamanie. Czas wyświetlania tych informacji może być wcześniej zaprogramowany.

Po zakończeniu wyświetlania tester ignoruje wykryty błąd i przechodzi do następnego błędnego adresu. Występują wówczas w czasie wyświetlania braki cyklicznej zmiany adresów, które powodują zanik rastru punktowego.

Zanik ten powtarza się przy wszystkich kolejnych błędach. Obraz stanów pamięci składa się wówczas z ciemnego tła z pojedynczym jaskrawym punktem adresu, na którym występuje błąd. Jeżeli mamy do czynienia z szeregiem błędnych adresów, to punkt jaskrawy po skończeniu wyświetlania przemieszcza się na ekranie oscyloskopu, przyjmując współrzędne odpowiadające aktualnemu adresowi.

3. OPIS PODZESPOŁÓW URZĄDZENIA DO WIZUALNEJ KONTROLI STANÓW PAMIĘCI

W skład urządzenia do wyświetlania obrazu stanów pamięci wchodzi cztery zasadnicze podzespoły: tester, dwa konwertery cyfrowo-analogowe, zasilacz i oscyloskop.

Tester ogólnie omówiono w pkt 1, ponieważ nie jest on przedmiotem artykułu, bliżej w tym miejscu nie będziemy go opisywać. Zainteresowanych czytelników odsyłamy do pracy [1].

W omawianym układzie zastosować można praktycznie każdy rodzaj konwertera cyfrowo-analogowego, który spełnia następujące warunki:

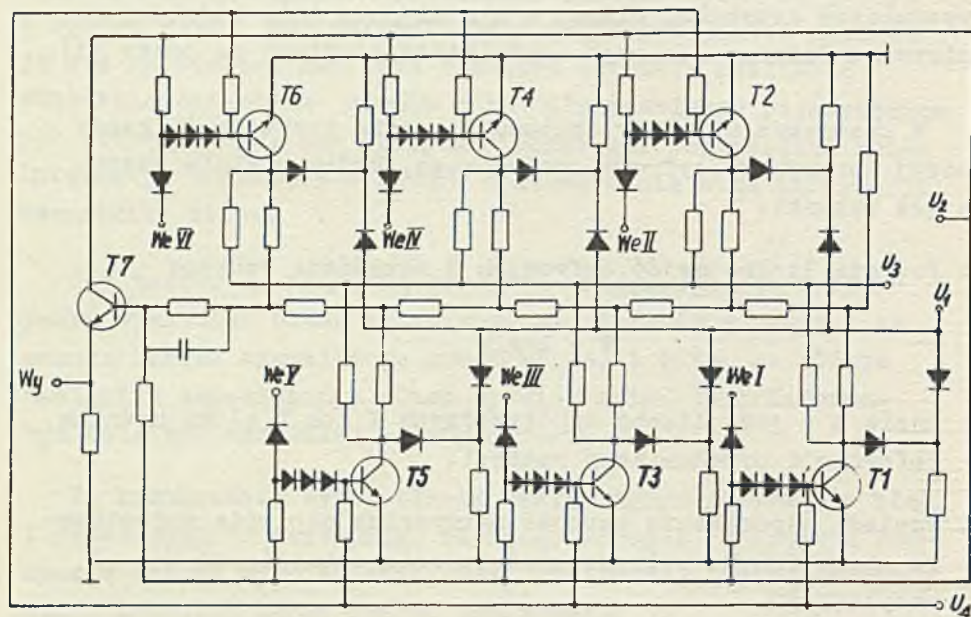
a. Posiada liczbę wejść cyfrowych W określoną wzorem:

$$W = \log_2 n$$

gdzie n - jest liczbą współrzędnych X lub Y bloku nośnika informacji uruchamianej pamięci.

- b. Posiada odpowiednią wartość maksymalną napięcia wyjściowego niezbędną do pełnego wysterowania wzmacniaczy X i Y oscyloskopu.
- c. Posiada dostateczną obciążalność wyjść, które pozwalają na dołączenie do nich wejść X i Y oscyloskopu, bez obawy pogorszenia parametrów czasowych i amplitudowych napięć wyjściowych.
- d. Zapewnia krótki czas przełączania poziomów napięcia wyjściowego, równy około $1/100$ czasu cyklu badanej pamięci.

Zastosowano w opisanym urządzeniu dwa identyczne konwertery cyfrowo-analogowe, każdy o sześciu wejściach cyfrowych, dający na wyjściu 64 różne poziomy napięciowe odpowiadające wybraniu każdej z 64 współrzędnych bloku nośnika informacji. Czas trwania każdego poziomu napięciowego wynosi tyle mikrosekund ile potrzeba na wybranie każdego kolejnego adresu pamięci i jest on określony czasem trwania impulsów sterujących na 1 wejściu konwertera /rys. 3/.



Rys. 3. Schemat ideowy konwertera CA

Rys. 3 przedstawia schemat ideowy jednego z zastosowanych konwerterów^{*)}. Jak widać ze schematu jest to dzielnik oporowy dla napięcia $U_1 = +10V$ przełączany sześcioma kluczami tranzystorowymi. Napięcie uzyskane na wyjściu tego dzielnika steruje następnie liniowy wtórnik emiterowy na tranzystorze T7, który spełnia rolę separatora i jednocześnie dostarcza odpowiedniej mocy wyjściowej. Na wyjściu wtórnika poziom napięcia zmienia się w granicach od +2V do +8V.

W celu osiągnięcia małych czasów zmiany poziomów napięcia wyjściowego, w granicach $10 \div 20$ ns, do budowy konwerterów użyto rezystorów stabilnych bezindukcyjnych typu AT o tolerancji nie gorszej niż $\pm 2\%$, natomiast montaż konwertera wykonuje

*) Szczegółowe omówienie konwerterów cyfrowo-analogowych tego typu zostało zamieszczone w Pracach PIT Nr 62 z 1968 r. w artykule J. Gronowskiego [4].

się w sposób zwarty, zapewniający małe pojemności rozproszenia. Do zasilania konwerterów zastosowano źródła stabilizowane tranzystorowe o stałości napięć wyjściowych nie gorszej niż 1%. Wartości nominalne napięć wynoszą $U_1 = +10V$; $U_2 = +12V$; $U_3 = +28V$ i $U_4 = -4,5V$.

Do wyświetlania rastru z pełnym powodzeniem można zastosować dowolny oscyloskop, którego parametry są uzależniane od parametrów uruchamianej pamięci.

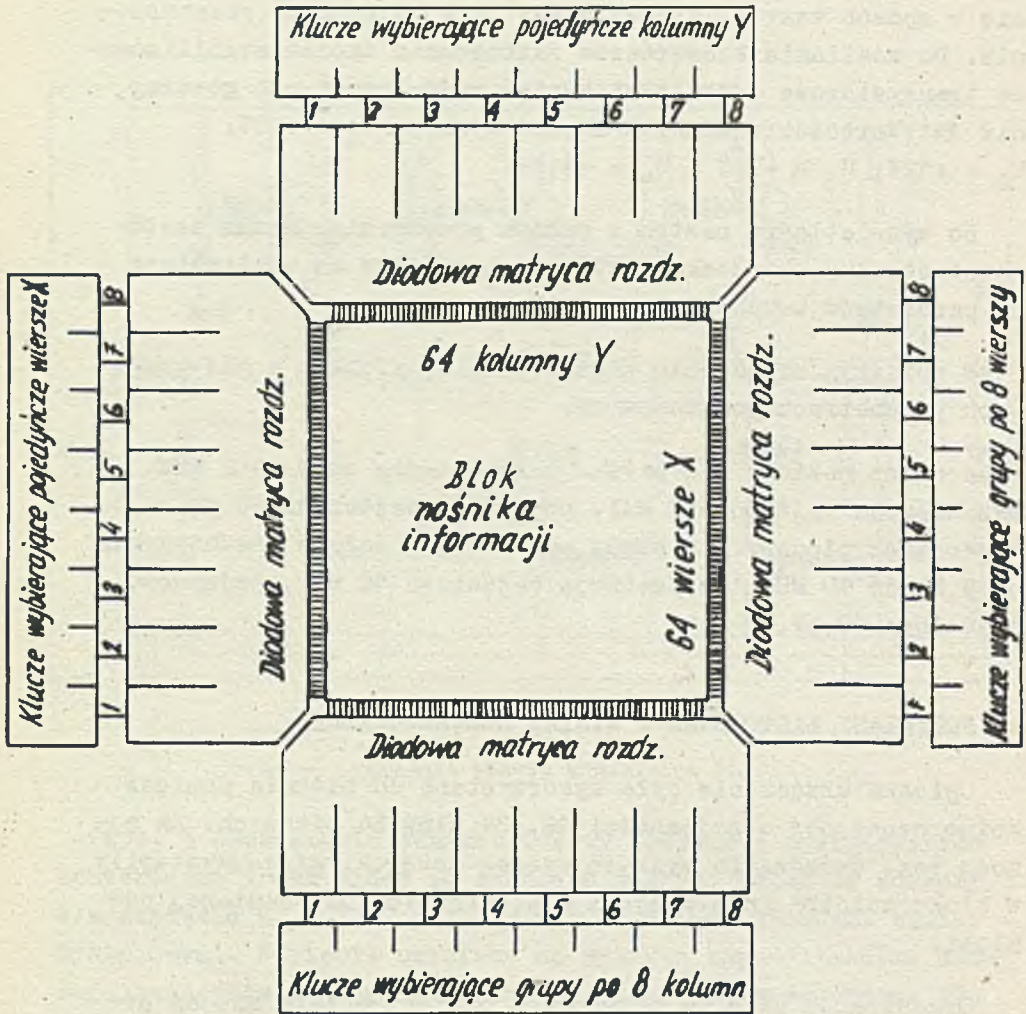
W opisanym urządzeniu zastosowano oscyloskop o następujących parametrach podstawowych:

Wzmacniacz poziomy X o paśmie przenoszenia od 0 do 2 MHz, rezystancja wejściowa 1 M Ω , pojemność wejściowa 40 pF. Wzmacniacz pionowy Y z sondą pomiarową o paśmie przenoszenia od 5 Hz do 40 MHz, rezystancja wejściowa 10 M Ω , pojemność wejściowa 10 pF.

4. PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ I WYNIKI DOŚWIADCZALNE

Opisane urządzenie było wykorzystane do badania pamięci koincydencyjnej o pojemności 16.384 słów 24 bitowych. Za pomocą tego urządzenia wykryto szereg usterek, które wystąpiły w bloku nośnika informacji i w elektronice uruchamianej pamięci.

Organizacja układów adresowych pamięci opiera się na podziale 64 współrzędnych X i Y bloku nośnika informacji na osiem grup po osiem współrzędnych w każdej grupie. Rys. 4 przedstawia schemat blokowy układów adresowych i bloku nośnika informacji badanej pamięci. Przy wybieraniu dowolnej współrzędnej konieczne jest jednoczesne włączenie dwóch kluczy obwodu prądowego: jednego wybierającego grupę ośmiu kolejnych współrzędnych i drugiego wybierającego jedną współrzędną z każdej grupy. Znajomość tej organizacji pozwala na właściwą interpretację obrazu stanów pamięci.

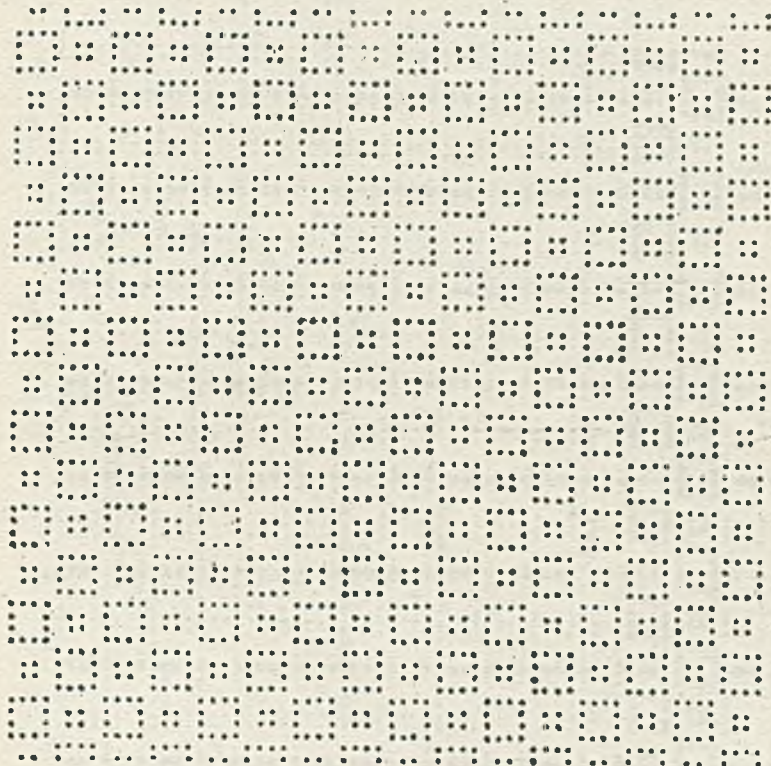


Rys. 4. Schemat blokowy układów adresowych pamięci

Rysunki od 5 do 7 obrazują ciekawsze przypadki różnych stanów pamięci.

Na rys. 5 przedstawiono prawidłowy obraz informacji odczytanej z pamięci. Informacja ta określona jest testem najtrudniejszego przypadku /worst case pattern/ dla badanej pamięci, wynikającym ze sposobu uznawania ramek bloku nośnika informa-

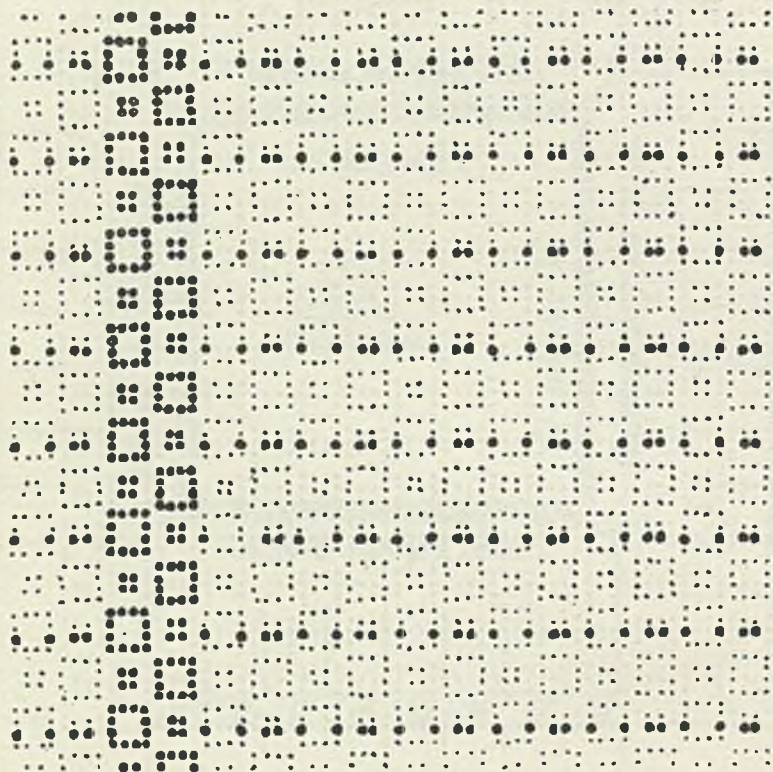
cji. Przedstawia on szachownicę utworzoną z punktów świetlnych adresów zawierających informację "1".



Rys. 5. Obraz informacji najtrudniejszego przypadku

Na rys. 6 przedstawiono obraz informacji odczytanej z pamięci w przypadku uszkodzenia jednego z kluczy adresowych X i Y. Zaznaczony jest tu w postaci rozświetlonych punktów brak odczytu informacji "1" z 512 słów rozmieszczonych wzdłuż ośmiu współrzędnych X i Y z tym, że w przypadku współrzędnych X są to kolumny o kolejnych numerach od 9 do 16, co sugeruje o uszkodzeniu klucza wybierającego drugą grupę. Natomiast w przypadku współrzędnych Y są to wiersze o kolejnych numerach 5, 13, 21, 29, 37, 45, 53, 61 różniących się o osiem.

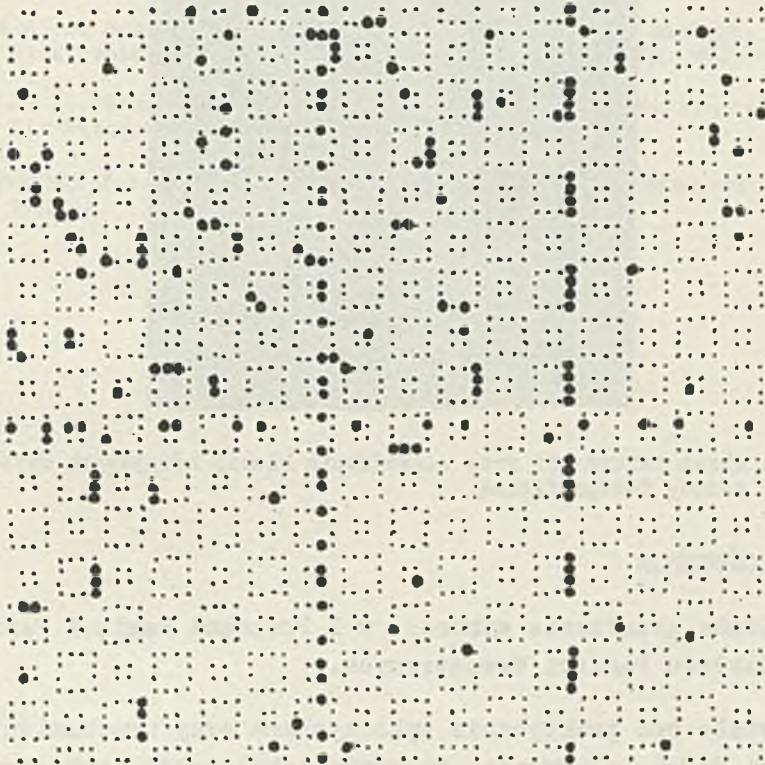
Wskazuje to na uszkodzenie klucza wybierającego co piątą kolumnę w każdej z ośmiu grup.



Rys. 6. Obraz informacji w przypadku uszkodzenia kluczy adresowych

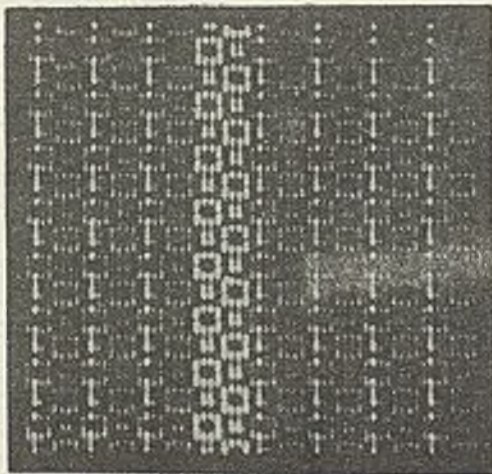
Na rys. 7 przedstawiono obraz informacji odczytanej z pamięci w przypadku krytycznego /ze względu na amplitudę sygnałów odczytu/ ustawienia napięć zasilających. Zaznaczony jest brak odczytu zapisanej informacji "1" /rozświetlone punkty/ w obrębie niektórych fragmentów pola, w adresach zawierających rdzenie o mniejszej wartości strumienia magnetycznego. Ponadto widoczny jest tu brak odczytu z dwóch wierszy X, o adresie 27 i 48, co wskazuje na uszkodzenia tych współrzędnych, względ-

nie diod w matrycy rozdzielającej obwody prądowe dla impulsów wzbudzających rdzenie pamięciowe przy odczycie i zapisie informacji.



Rys. 7. Obraz informacji przy uszkodzeniu w obwodzie wzbudzenia X oraz granicznych wartościach napięć zasilających

Obrazy stanów pamięci z rys. 5 ÷ 7 zostały odręcznie przerysowane z ekranu oscyloskopu. Rzeczywisty obraz uzyskiwany na ekranie oscyloskopu pokazano przykładowo na zdjęciu, rys. 8. Rozjaśnione punkty rastru oznaczają brak odczytu ze słów o adresie współrzędnych X - 2-10-18-26-34-42-50 i 58 oraz kolejnych współrzędnych X - 25 ÷ 32. Fizycznie oznacza to uszkodzenie klucza lub obwodu wzbudzającego wybierającego w w kolumny w grupie oraz uszkodzenie klucza wybierającego 4 grupę ośmiu współrzędnych X.



Rys. 8. Obraz informacji przy uszkodzeniu kluczy adresowych uzyskany metodą fotograficzną

5. ZAKOŃCZENIE

Opisane urządzenie wykonano w I Pracowni Pamięci Ferryto-
wych Zakładu Pamięci Wewnętrznych.

Zostało ono praktycznie wykorzystane przy uruchamianiu
pamięci PAO-6, ułatwiając znacznie lokalizację uszkodzeń.
Urządzenie budziło duże zainteresowanie wielu osób, którym
pamięć demonstrowano.

Ze względu na udogodnienia, jakie wykorzystanie tego urzą-
dzenia przynosi, przewiduje się wykorzystanie go do urządzeń
kontrolno-pomiarowych ramek i bloków nośnika informacji.

Autorzy dziękują wszystkim osobom, które służyły życzliwą
radą i pomocą przy opracowaniu wyżej opisanego układu oraz
w szczególności mgr inż. J. Dańdzie za zachętę do napisania
tego artykułu.

Literatura

- [1] DAŃDA J.; FURMAN H.: Tester do kontroli rdzeniowych pamięci operacyjnych, Prace IMM, Artykuł w przygotowaniu do druku.
- [2] DAŃDA J.: System do badania pamięci operacyjnych i stałych, Elektroniczna Technika Obliczeniowa, Nowości, IMM, 1969:1.
- [3] ELLES R., DANCE A.: Exercising Memory System with Worst-case Bit Patterns, Electronics, September, 1969:1.
- [4] GRONOWSKI J.: Szybki konwerter cyfrowo-napięciowy, Prace PIT, 1968:62.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЙ ПАМЯТИ

Резюме

Работа содержит описание практической схемы, разработанной в Отделе специализированных запоминающих устройств в Институте математических машин в Баршаве. Устройство позволяет проводить визуальный контроль содержания информации ферритового оперативного запоминающего устройства.

Схема рассмотрена на примере ее совместной работы с ферритовым оперативным запоминающим устройством РАО-6 емкостью 16.384 25-битовых слов и циклом 2 мксек.

Схема состоит из: программированного генератора, двух цифро-аналоговых конвертеров, осциллоскопа и питателя.

Программированный генератор доставляет в запоминающее устройство импульсы управляющие отдельными микрооперациями (запись, считывание, расчлененный цикл), адресные импульсы определяющие номер слова относящегося к микрооперации, а также информацию, которая должна быть помещена под данным адресом в блоке носителя информации.

Цифрово-аналоговые конвертеры заменяют цифровую форму адреса на аналоговую величину напряжений, которое будучи соответственно поданные на входы X, Y осциллоскопа, создают состав световых пунктов на его экране.

Программированный генератор обладает кроме того так называемыми детекторами ошибки, то есть схемами сравнивающими сог-

ласованность информации записываемой в запоминающем устройстве с получаемой из него информацией.

Сигнал ошибки вытекающий из несогласованности вышеуказанной информации полученной на выходе декодера служит между другими для разъяснения отдельных пунктов экрана.

Эти пункты отвечают очередно избранным местам запоминающего устройства, составляя общий вид информации сохраняемой в исследованном запоминающим устройстве.

В статье поданы общие требования к отдельным подсистемам составляющим систему в зависимости от некоторых параметров запоминающего устройства, с которыми схема должна работать совместно.

Кроме того подан ряд примеров указывающих на неправильности разных состояний запоминающего устройства, с практическим использованием вышерассмотренной системы во время пуска в ход запоминающего устройства.

A DEVICE FOR STORAGE STATE VISUAL CONTROL

Summary

The article contains a description of a practical scheme developed in the Laboratory of Specialized Storages of the Institute of Mathematical Machines in Warsaw. The scheme allows a visual control of information content in a stack of ferrite operation storage information carrier.

This scheme cooperation with the PAO-6 ferrite operation storage, containing 16,384 25-bit words and 2 μ s cycle time, is discussed on the basis of an example.

The scheme includes: a programmed generator, two digit-analog converters, an oscilloscope and a supply unit.

The programmed generator supplies the storage with pulses controlling separate micro-operations /writing, reading, split cycle/, address pulses determining the word number connected with the micro-operation, and information that is to be put beyond the second address in the memory stack.

The digital-analog computers change the digital form of the address into an analog value of the voltage. The latter being adequately send to inputs X, Y of the oscilloscope, produce a set of light points on its screen.

The programmed generator has the so-called error detectors, i.e. circuits that compare the conformity of information written in the storage with the information read.

The error signal resulting from the nonconformity of information obtained from the decoder output serves among others to enlighten separate points of the set.

Thus, these points correspond to succeedingly chosen storage locations, making a general picture of information stored within the investigated memory.

Besides, the article presents general demands to separate subsystems included within the scheme depending upon some parameters of the storage which the scheme has to work with.

Given also some examples picturing the incorrectness of various storage states the address discussed scheme being used while putting the storage into operation.

PODSTAWOWE MATERIAŁY DO PRODUKCJI
DWU I WIELOWARSTWOWYCH PŁYTEK Z
OBWODAMI DRUKOWANYMI

Jerzy EKNER

Pracę złożono 14.11.1970

Omówiono różne rodzaje laminatów foliowanych i ich najważniejsze właściwości. Podano metody badań tworzyw warstwowych - laminatów ze szczególnym uwzględnieniem laminatów foliowanych metalami stosowanymi jako przewodniki lub jako folia oporowa. Omówiono również rodzaje, gatunki i właściwości materiałów stosowanych jako przekładki klejące tzw. preimpregnaty. Na zakończenie podano wskazówki doboru laminatów i preimpregnatów potrzebnych do wytwarzania wielowarstwowych płytek z obwodami drukowanymi.

1. WSTĘP

Podstawowymi materiałami do produkcji dwu i wielowarstwowych płytek z obwodami drukowanymi są:

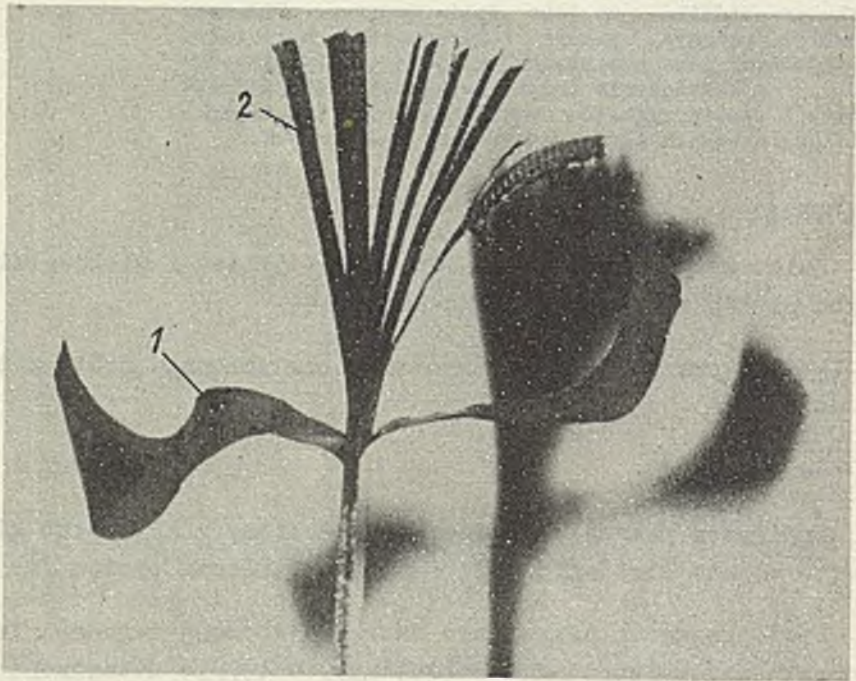
- laminat pokryty jednostronnie lub dwustronnie folią metalową
- preimpregnat

Laminatem nazywa się materiał utworzony z kilku lub kilkunastu warstw zbrojenia połączonych utwardzoną żywicą /rys. 1/.

Preimpregnatem nazywa się tworzywo złożone z jednej lub kilkunastu warstw zbrojenia połączonych wstępnie utwardzoną żywicą /rys. 2/.

Dwuwarstwowe płytki drukowane wykonuje się z laminatów dwustronnie pokrytych folią metalową.

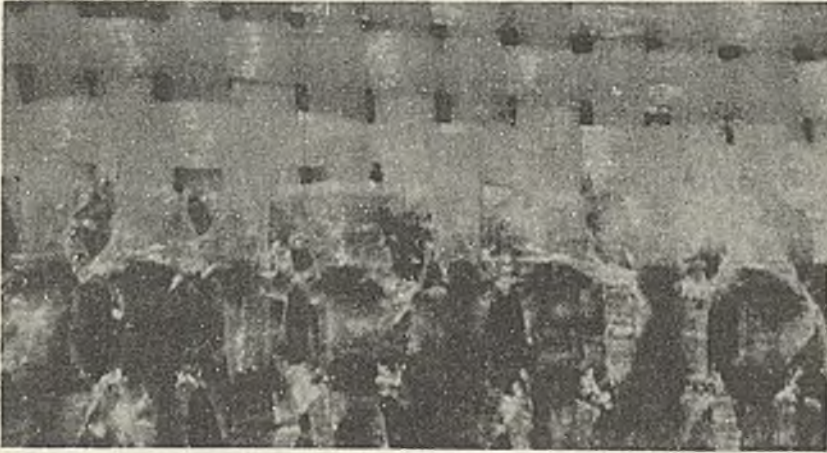
Wielowarstwowe płytki drukowane produkowane są z cienkich laminatów jednostronnie lub dwustronnie pokrytych miedzią oraz z preimpregnatów. Obwód drukowany jednej warstwy jest realizowany przez wytrawianie folii na laminacie. Laminaty z wykonanym obwodem drukowanym układane są na przemian z preimpregnatami w stos. Stos może być układany z laminatów z obwodem drukowanym po jednej stronie, tzn. foliowanych jednostronnie lub laminatów foliowanych dwustronnie /rys. 3/. Preimpregnaty stanowią elementy sklelejające laminaty z obwodami drukowanymi w jedną płytkę wielowarstwową. Proces łączenia laminatów w wielowarstwową płytkę następuje podczas zabiegów laminowania. Laminowanie polega na ściśnięciu w prasie stosu laminatów poprzekładanych preimpregnatami, podgrzaniu w celu stopienia żywicy preimpregnatów i następnie szybkim ochłodzeniu stosu warstw.



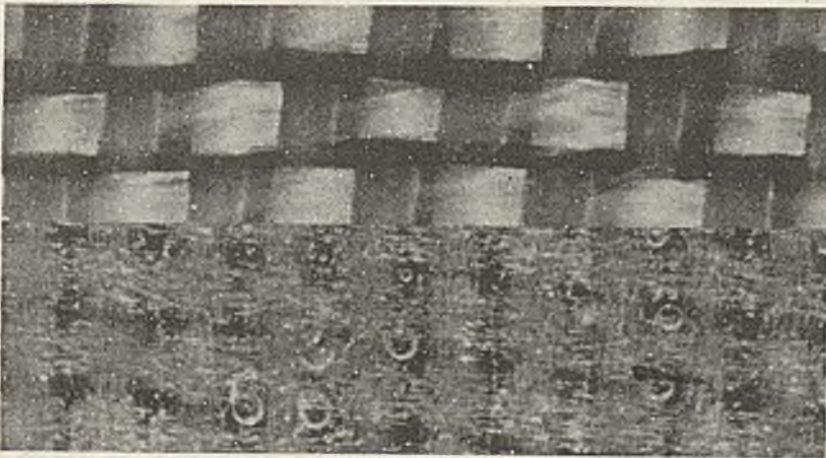
Rys. 1. Laminat częściowo rozwarstwiony

1 - folia Cu, 2 - tkanina szklana impregnowana żywicą

a.



b.



Rys. 2. Próbka preimpregnatu. W górnych częściach pokazano dwie różne tkaniny szklane rovingowe. W dolnej - te same tkaniny po impregnacji żywicą utwardzoną do stanu B /patrz rys.5/

- a - Preimpregnat z tkaniną o gęstym splocie płóciennym
- b - Preimpregnat o rzadkim splocie płóciennym. Widoczne są pęcherzyki gazów w warstwie żywicy impregnującej tkaninę

2. RODZAJE I WŁAŚCIWOŚCI LAMINATÓW

Laminaty, z których wykonuje się dwuwarstwowe płytki drukowane lub warstwy płytki wielowarstwowej, różnią się między sobą właściwościami tworzywa i jego jakością. Właściwości laminatu zależą od:

- rodzaju żywicy,
- materiału i budowy zbrojenia /jak np. typ tkaniny szklanej, omówionej szerzej w dalszej części artykułu/,
- materiału folii metalowej i jej grubości,
- wymiarów arkuszy laminatów /zwłaszcza grubości/.

W tabeli 1 podano zestawienie spotykanych obecnie składników do produkcji laminatów przeznaczonych na płytki drukowane. Na rynku handlowym oferowane są obecnie do sprzedaży laminaty opisane w tabeli 2. Powyższe laminaty nazywane są krótko: laminat fenolowo-papierowy, laminat epoksydowo-szklany, laminat poliestrowo-szklany itd.

Do produkcji dwuwarstwowych płytek drukowanych stosuje się laminaty pokryte po obu stronach folią metalową, raczej jednakowej grubości i rodzaju. Wyjątek stanowią laminaty pokrywane po jednej stronie folią odporową. W tym przypadku druga powierzchnia warstwy izolacyjnej z tkaniny szklanej impregnowanej żywicą pokryta jest grubszą folią aluminiową, zapewniającą sztywność i odprowadzenie ciepła wydzielonego przy przepływie prądu przez folię odporową.

Do wytwarzania wielowarstwowych płytek drukowanych używa się obecnie cienkich laminatów epoksydowo-szklanych pokrytych po jednej lub obu stronach zewnętrznych folią miedzianą. W przypadku pokrywania laminatu folią po obu stronach, zasadniczo stosuje się folie jednej grubości. Niektóre typy laminatów pokryte są dwoma różnej grubości arkuszami folii.

Tabela 1

Zestawienie cech i rodzajów składników laminatów foliowanych metalem używanych do obecnie produkowanych laminatów przeznaczonych na płytki drukowane

Składniki laminatu i ich cechy	Rodzaje materiałów, ich budowa i wymiary									
	żywica	fenolowa	epoksydowa	melaminowa	silikonowa	poliestro- wa	butyra- lowa	akrylowa	FEP	
zbrojenie laminatu	papier w arkuszach		tkanina szklana rovin- gowa			mata z ciętego jedwa- biu szklanego				
folia metalowa	Cu o czystości 95,5%		folia oporowa I: 55% Cu, 45% Ni			folia oporowa II: 76% Ni, 16% Cr				
średnia grubość folii metalowej i odpowiadająca im przybliżona gramatura ¹⁾	17 μm 152 g/m ²		25 μm 229 g/m ²		35 μm 305 g/m ²		70 μm 510 g/m ²		105 μm 915 g/m ²	
grubość laminatów /mm/	0,06; 0,1; 0,13; 0,20; 0,25; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70; 0,75 ²⁾		0,8; 1,6; 2,4 ³⁾			0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,4 ⁴⁾		0,5; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 ⁵⁾		
przykładowe wymiary arkuszy laminatów w mm i calach	550 x 1050 42" x 36"		1050 x 1050		1050 x 2100 48" x 24"		1040 x 1140		1050 x 1150 48" x 48"	950 x 700 ± 25 ⁵⁾

- 1) Przy produkcji i zakupie folii metalowej jej grubości określa się jako tzw. gramaturę, czyli ciężar 1 m² folii w G
- 2) Najczęściej spotykane grubości laminatów cienkich bez folii metalowej, przeznaczonych na wielowarstwowe płytki drukowane
- 3) Ciąg grubości laminatów odpowiadających grubościom płytek dwuwarstwowych współpracujących ze złączami krawędziowymi, zalecanych wg 171 publikacji IEC /Podkomitet 48 B/ wydanej w 1964 r.
- 4) Ciąg grubości laminatów odpowiadających grubościom płytek dwuwarstwowych wg zaleceń RWPg Nr RS-916-67
- 5) Grubości i wymiary arkuszy laminatów produkowanych przez Gliwickie Zakłady Tworzyw Sztucznych /5/

W tabeli 2 podano ogólne charakterystyki laminatów. Szczegółowa charakterystyka laminatu jest określona następującym zbiorem właściwości:

- podzbiór właściwości ogólnie fizycznych laminatu bez folii metalowej:
 - ciężar właściwy,
 - twardość powierzchni,
 - chłonność wody /porowatość/,
 - dopuszczalna maksymalna temperatura otoczenia,
 - odporność chwilowa na podwyższoną temperaturę,
 - współczynnik rozszerzalności cieplnej,
 - palność /stopień palności lub samogaśnięcia/,
 - odporność na działanie kąpeli chemicznych,

- podzbiór właściwości elektrycznych laminatu z częściowo wytrawioną folią:
 - współczynnik stratności dielektrycznej $tg\delta$,
 - przenikalność dielektryczna,
 - rezystancja właściwa powierzchniowa,
 - rezystancja właściwa skrośna,
 - odporność na łuk elektryczny,
 - rezystancja izolacji,
 - odporność na przebicie;

/dla orientacji w rzędzie wielkości ww właściwości, w tabeli 3 zestawiono niektóre parametry laminatów wytwarzanych na bazie różnych żywic/

- podzbiór właściwości mechanicznych laminatu bez folii metalowej:
 - wytrzymałość doraźna na zginanie,
 - współczynnik sprężystości wzdłużnej przy zginaniu,
 - wytrzymałość doraźna na rozciąganie,
 - wytrzymałość doraźna na ściskanie,
 - udamność /próbki z karbem/;

Zestawienie spotykanych laminatów i ich ogólnych charakterystyk

Żywica	Materiał i postać zbrojenia	Przykładowe oznaczenia wg NEMA ¹⁾	Ogólna charakterystyka
fenolowa	papier w arkuszach	XXXP XXXPC FR2	Bardzo dobre właściwości elektryczne. Dobre właściwości mechaniczne. Może być wykrawany na zimno. Niektóre rodzaje laminatu są samogasnące. Kolor laminatu żółty lub brązowy. Ceny laminatów niskie. Stosowany jest w urządzeniach radiowych, telewizyjnych, radiokomunikacyjnych
epoksydowa	papier w arkuszach	FR2	Lepsze właściwości elektryczne i mechaniczne niż dla laminatu fenolowo-papierowego. Samogasnący. Kolor laminatu - kości słoniowej. Cena laminatu ok. 2-krotnie wyższa od ceny laminatu fenolowo-papierowego ²⁾
melaminowa	papier w arkuszach	-	Laminat o bardzo twardej powierzchni i doskonałej wytrzymałości na wyładowania elektryczne ślizgowe /pełzające/. Kolor laminatu biały. Stosowany jest w urządzeniach, dla których żądana jest duża wytrzymałość na łuk elektryczny
poliestrowa	mata szklana	GPO-1 GPO-2	Bardzo dobre właściwości elektryczne zwłaszcza przy wysokich częstotliwościach prądów i duża odporność na działanie iskrowych wyładowań elektrycznych. Dobre właściwości mechaniczne. Kolor laminatu może być różny poza białym. Stosowany jest w urządzeniach telewizyjnych i telekomunikacyjnych
epoksydowa	tkanina szklana	G10 G11 FR4 FR5	Doskonale właściwości elektryczne i mechaniczne. Niektóre rodzaje laminatów są samogasnące. Bardzo dobra odporność laminatów na wysokie temperatury otoczenia. Kolor laminatu zielony lub żółto-brązowy. Cena laminatu jest ok. 14,5-krotnie wyższa od ceny laminatu fenolowo-papierowego. Stosowany w urządzeniach pracujących w podwyższonej temperaturze i wilgotnej atmosferze oraz elektronicznych maszynach cyfrowych

Tabela 2 /c.d./

Żywica	Materiał i postać zbrojenia	Przykładowe oznaczenia wg NEMA ¹⁾	Ogólna charakterystyka
melamino-wa	tkanina szklana	G5 G9	Szczególnie wysokie właściwości mechaniczne i bardzo twarda powierzchnia laminatu. Zachowuje swoje właściwości elektryczne, nawet przy dużej wilgotności otoczenia. Odporny na iskrowe wyładowania elektryczne. Kolor laminatu biały. Orientacyjna cena laminatu jest 15,5-krotnie wyższa od ceny laminatu fenolowo-papierowego. Stosowany jak laminat fenolowo-papierowy
silikono-wa	tkanina szklana	G7	Szczególnie mały współczynnik stratności dielektrycznej. Bardzo wysoka wytrzymałość na wysokie temperatury otoczenia. Mała przyczepność folii do podłoża. Kolor laminatu kremowo-biały. Cena laminatu około 25,5-krotnie wyższa od ceny laminatu fenolowo-papierowego. Stosowany w urządzeniach radiokomunikacyjnych, radiolokacyjnych, transformatrach
butyralowa	tkanina szklana	-	Laminat o małym współczynniku stratności dielektrycznej i małej upływności pojemnościowej. Stosowany na obwody drukowane przenoszące prądy szybkozmiennie
akrylowa	tkanina szklana	-	Laminat o bardzo dużej odporności na temperatury otoczenia. Stosowany na obwody drukowane silników elektrycznych. Kolor laminatu brązowy
FEP	tkanina szklana	-	Właściwości elektryczne i mechaniczne dobre. Bardzo dobre właściwości technologiczne

- 1) Oznaczenia ustalane przez producentów lub normy państwowe są różne dla tego samego rodzaju laminatu. Ponieważ wszystkie firmy w katalogach obok swoich oznaczeń podają odpowiadające im oznaczenia wg publikacji NEMA /National Electrical Manufacturers of America/ w tabeli zamieszczono ww oznaczenia
- 2) Orientacyjne porównanie cen wg /1/ przeprowadzono dla arkuszy laminatów jednakowej grubości, jednakowo foliowanych i jednakowych wymiarów powierzchni, wykonywanych metodami technologicznymi w 1965 r. Powyższe porównanie cen jest słuszne dla rynku angielskiego

- podzbiór właściwości folii metalowej:
 - siła potrzebna do oderwania folii od podłoża^{*)}
 - odporność na powstawanie pęcherzy podczas lutowania;
- podzbiór właściwości technologicznych:
 - skrawalność laminatu podczas wiercenia,
 - skrawalność laminatu przy frezowaniu oraz wykrawaniu.

Powyższe właściwości zdefiniowane są przez metody przeprowadzania prób i pomiarów. Z tego powodu w tabeli 4 zestawiono szkiecowe opisy prób przeprowadzanych podczas kontroli właściwości laminatu.

Jakość laminatu przeznaczonego na płytki dwuwarstwowe jest określona klasą materiału elektroizolacyjnego oraz przez odchyłki parametrów określających grubość i pozostałe właściwości arkuszy laminatu wykonanych w ramach jednej partii produkcyjnej.

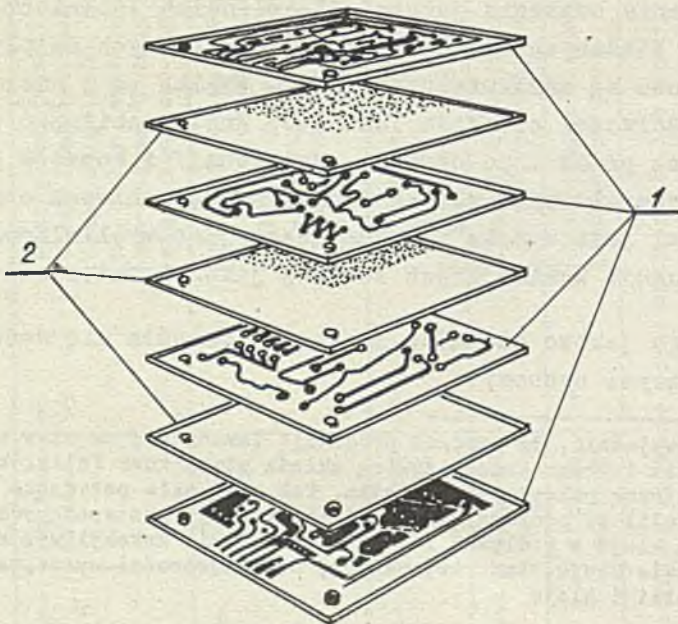
Wymagania odnośnie jakości dla cienkich laminatów /orientacyjnie cieńszych niż 0,8 mm/, przeznaczonych na płytki wielowarstwowe są znacznie ostrzejsze. Wynika to z nieco odmiennych właściwości cienkich laminatów /np. stabilność wymiarów mierzonych przed i po obróbce chemicznej/ i kosztów produkcji wielowarstwowych płytek drukowanych, Ponieważ cena gotowej płytki jest wysoka^{*)}, konieczne jest wyeliminowanie braków produkcji wynikających ze złej jakości materiałów.

Dlatego jakość cienkich laminatów określa się dodatkowo następującymi cechami:

^{*)} Należy wyjaśnić, że podczas produkcji laminatów, na stos arkuszy zbrojenia impregnowanego żywicą układa się arkusz folii, którego jedna strona pokryta jest klejem. Tak więc siła potrzebna do oderwania folii od podłoża zależy od sił adhezji występujących między warstwą kleju a podłożem i folią oraz od sił kohezji występujących w warstwie kleju, tzn. siła zależy od właściwości wytrzymałościowych folii i kleju

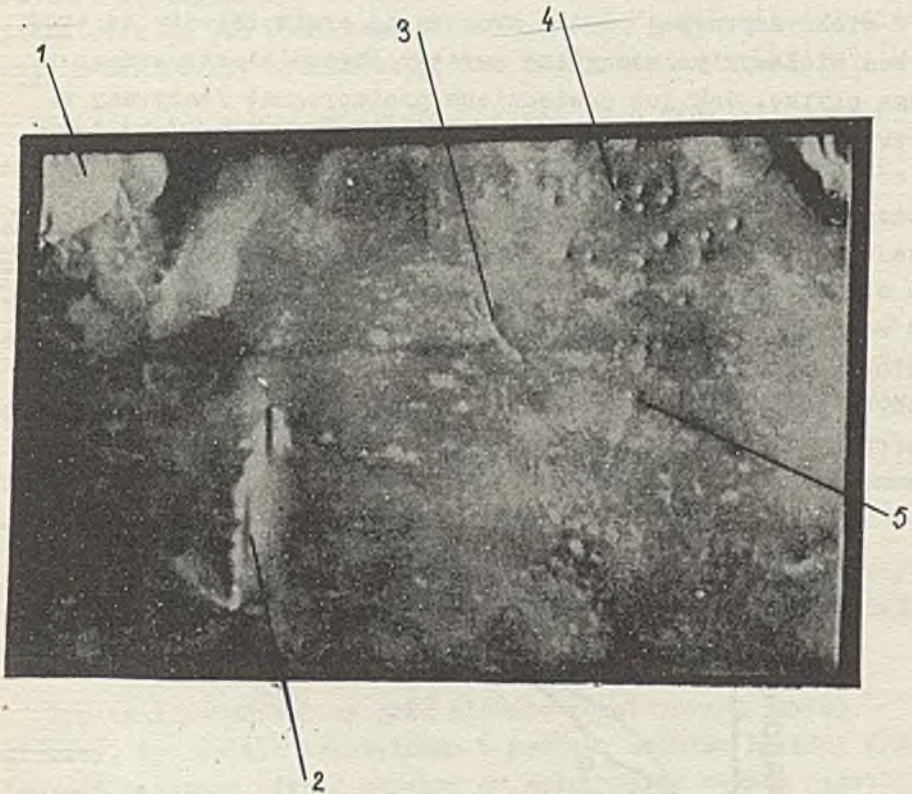
^{**)} Dla orientacji: cena 6 warstwowej płytki o wymiarach 150x150 mm, o średniej gęstości upakowania obwodu, wynosi około 150 dolarów amerykańskich. Cena 12 warstwowej płytki połączeń bloku /panelu/ o wymiarach 400x400 mm wynosi ok. 1500 dolarów amerykańskich

- tolerancją grubości arkusza laminatu bez folii,
- liczbą i wielkością obcych wtrąceń i uszkodzeń powierzchni folii miedzianej, które są zdefiniowane na rys. 4,
- liczbą i wielkością widocznych plam utlenionej folii miedzianej,
- liczbą i wielkością plam utlenionej folii, odkrytych podczas próby /po poddaniu próbki laminatu trawieniu/,
- stabilnością zachowania wymiarów laminatu podczas operacji chemicznych, stosowanych do wytrawienia w folii obwodu drukowanego,
- siłą potrzebną do oderwania folii od podłoża.



Rys. 3. Wielowarstwowa płytko drukowana

1 - laminaty z przewodami drukowanymi, 2 - pre-impregnaty

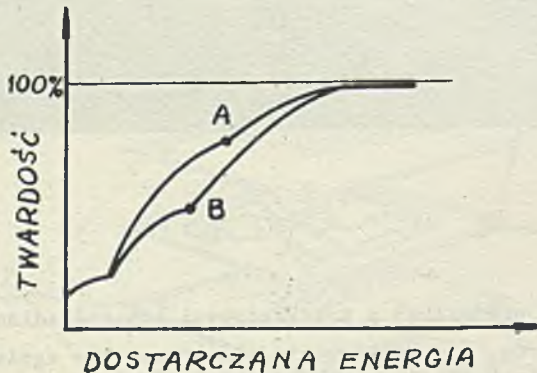


Rys. 4. Próbką folii miedzianej z przykładowymi uszkodzeniami
1 - zagięty róg, 2 - sfałdowanie, 3 - rysa, 4 - wgnioty,
5 - ślady palców niechronionych rękawiczkami

W zależności od przeznaczenia, wymaganej jakości i kosztu produkcji płytek drukowanych, producenci cienkich laminatów definiują 3 klasy jego jakości. W I klasie produkowane są laminaty potrzebne do wytwarzania wielowarstwowych płytek drukowanych do urządzeń, którym są stawiane wymagania najwyższej jakości, II klasa laminatów przewidywana jest na płytki do urządzeń dobrej jakości, natomiast laminaty III klasy przewidywane są dla urządzeń o zadowalającej jakości, produkowanych masowo [8].

3. PREIMPREGNAT

W wielowarstwowej płytce drukowanej preimpregnaty są tworzywem wiążącym poszczególne warstwy obwodu elektrycznego w jedną płytkę. Jak już powiedziano preimpregnat /nazywany w literaturze anglosaskiej pre-preg/ jest tworzywem zbudowanym z dwóch składników: szklanej tkaniny impregnowanej żywicą utwardzoną do stanu B. Określenie "utwardzoną do stanu B" wynika z oznaczenia literą B punktu na krzywej zależności pomiędzy stopniem utwardzenia a ilością energii cieplnej dostarczonej w jednostce czasu /rys. 5/. Ponieważ dalsze utwardzenie żywicy następuje nawet przy małych porcjach energii doprowadzanych przez dłuższy okres czasu, preimpregnaty muszą być przechowywane w specjalnych magazynach^{*)} i powinny być zużytkowane w określonym czasie.



Rys. 5. Wykres zależności pomiędzy stopniem utwardzenia a doprowadzaną ilością energii cieplnej w jednostce czasu. [12]

Krzywa z punktem A pokazuje zmiany twardości żywicy utwardzanej normalnie w piecu

Krzywa z punktem B odnosi się do zmian twardości ulepszonej żywicy przeznaczonej do magazynowania w określonym czasie przed ostatecznym utwardzeniem

^{*)} Warunki magazynowania są określane przez producenta preimpregnatów. Np. Nelco [9] poleca następujące warunki: temperatura nie wyższa niż 39°C, wilgotność względna 50%, zabezpieczenie przed światłem ultrafioletowym i promieniowaniem radioaktywnym. Przy zachowaniu powyższych warunków okres magazynowania nie dłuższy niż 3 miesiące

Przy wytwarzaniu płytek wielowarstwowych stosowane są obecnie preimpregnaty z tkaniny szklanej i żywicy epoksydowej, jakkolwiek są już produkowane preimpregnaty z żywicy: fenolowej, melaminowej, silikonowej, akrylowej, poliestrowej [7].

Właściwości i jakość preimpregnatów są określane przez następujące cechy:

- rodzaj żywicy,
- typ tkaniny szklanej,
- zawartość żywicy w preimpregnacie,
- stopień utwardzenia określony przez czas żelowania i wielkość płynięcia żywicy,
- stopień wysuszenia określony zawartością składników lotnych w preimpregnacie,
- palność,
- czystość.

Podobnie jak dla laminatów, właściwości i jakość preimpregnatu, oprócz typu tkaniny, zdefiniowane są przez metody badań objaśnione poniżej.

Typ tkaniny określony jest głównie przez rodzaj użytej przędzy, typ splotu tekstylnego i gęstość tkania. Przędza /pococznie nazywana nicią/ używana do wykonywania tkanin przeznaczonych na zbrojenia laminatów i preimpregnatów jest rodzaju roving lub spun roving. Nazwą roving określa się pasma elementarnych włókien szklanych, ciągłych łączonych bez skrętu. Tworzywem łączącym elementarne włókna są substancje sklejające i błonotwórcze nazywane preparacją włókien. Z rovingu wykonywane są tkaniny o różnej gęstości /rys. 2/. Wprowadzany ostatnio spun-roving różni się od zwykłego rovingu układem włókien elementarnych. W przędzy typu roving wszystkie włókna elementarne są do siebie równoległe. Natomiast w przędzy typu spun roving część włókien elementarnych uformowana jest w pętli, dzięki czemu objętość przędzy jest większa niż w przypadku rovingu.

Tkaniny stanowiące zbrojenie omawianych laminatów mają przede wszystkim splot płócienny.

Zawartość żywicy w preimpregnacie określa się przez porównanie ciężaru próbki wyciętej losowo ze środka arkusza preimpregnatu i ciężaru pozostałości szklanych składników próbki po jej wypaleniu w piecu laboratoryjnym.

Stopień utwardzenia żywicy określony jest przez czas żelowania lub dokładniej przez wielkość płynięcia żywicy, zawartej w próbce preimpregnatu. W przypadku preimpregnatów, czas żelowania określa się jako czas potrzebny na zmianę fazy stałej żywicy w stanie B do fazy płynnej i następnie ponowne utwardzenie pod wpływem temperatury i ciśnienia. Pomiar czasu żelowania jest stosunkowo mało dokładny i z tego względu nie może być wystarczającym parametrem do określenia jakości preimpregnatu. Dokładniejszym i pełniejszym badaniem jest pomiar wielkości płynięcia żywicy preimpregnatu. Polega on na porównaniu ciężaru próbki wyciętej losowo ze środka arkusza z ciężarem tej samej próbki po odłamaniu wypływów żywicy powstałych na skutek prasowania w określonych warunkach /ciśnienie prasowania, temperatura, czas/.

Pomiar zawartości składników lotnych, określających stopień wysuszenia laminatu, podobnie jak poprzednie badania, polega na porównaniu ciężaru próbki badanego preimpregnatu z ciężarem tej samej próbki po przetrzymaniu jej przez określony czas w atmosferze gorącego powietrza /np. w piecu z kontrolowanym przepływem powietrza/.

W celu umożliwienia porównywania zawartości żywicy, wielkości płynięcia i zawartości części lotnych oblicza się procentowe różnice ciężaru próbki przed i po badaniu w stosunku do ciężaru próbki przed badaniem.

4. UWAGI O DOBORZE LAMINATÓW I PREIMPREGNATÓW

Ogólne wskazówki o doborze laminatów według ich właściwości podane są w tabeli 2. Laminaty tego samego rodzaju /np. epoksydowo szklanego/ produkowane przez różne firmy mają różne pa-

Tabela 3

Zestawienie niektórych właściwości laminatów zbrojonych tkaninami szklanymi produkowanych na bazie różnych żywic /7/

Rodzaj żywicy	silikonowa	epoksydowa	melaminowa	fenolowa	akrylowa	poliestrowa
Oznaczenie laminatu wg NEMA	G7	G10	G5	G3	-	-
Gęstość właściwa G/cm^3	1,98	2,09	1,98	1,98	1,98	1,98
Chłonność wody /mg/ ¹⁾	5	4 ÷ 6	15 ÷ 40	28 ÷ 50	6	10
Palność /s/	5	-	5 ÷ 10	15 ÷ 20	-	-
Współczynnik stratności dielektrycznej $tg\delta$ przy 1 MHz	0,0015 ÷ 0,003	0,02 ÷ 0,032	0,02 ÷ 0,035	-	-	-
Współczynnik stratności dielektrycznej $tg\delta$ przy 100 MHz	0,0015 - 0,0025	-	-	-	-	-
Rezystancja właściwa skrośna laminatu suchego /MOhm/ ¹⁾	5×10^6	$/2 \div 5/ \cdot 10^6$	$5 \times 10^4 \div 10^6$	$10^4 \div 10^6$	5×10^6	5×10^6
Rezystancja właściwa skrośna laminatu suchego po 24 h zanurzenia w wodzie /MOhm/ ¹⁾	$10^4 \div 5 \times 10^5$	$5 \times 10^4 \div 10^5$	$10^3 \div 10^4$	10^3	10^5	5×10^3
Wytrzymałość doraźna na zginanie kG/cm^2	1760	3870	3870	2460	4210	3510
Wytrzymałość doraźna na rozciąganie kG/cm^2	1400	2600	2460	1760	2670	2460

¹⁾ Ponieważ pomiary chłonności wody, rezystancji skrośnej laminatu suchego i po zanurzeniu w wodzie były wykonywane wg norm brytyjskich /B.S.2782/, powyższe wartości należy traktować jako wskaźniki pozwalające porównać laminaty między sobą

rametry liczbowe określające ich właściwości i jakość. Należy podkreślić, że same parametry liczbowe nie mogą być jedynym kryterium wyboru laminatu. Przy podejmowaniu decyzji wyboru, należy koniecznie wykonać próby technologiczne z próbkami laminatu /wiercenie dla upewnienia się, że wióry laminatu nie zaklejają wiertła; trawienie folii dla ustalenia, czy przyczepność folii do podłoża jest jednakowa dla całej powierzchni; metalizacja otworów; badania klimatyczne gotowych płytek drukowanych/. Poza analizą parametrów liczbowych opisujących właściwości i jakość laminatów oraz analizą wyników prób technologicznych, przy wyborze laminatu należy uwzględnić następujące dodatkowe czynniki ekonomiczne:

- niezawodność dostaw realizowanych przez producenta laminatów /czynnik szczególnie ważny przy zakupie laminatów i preimpregnatów do produkcji wielowarstwowych płytek, które mają ograniczony czas magazynowania/,
- możliwość uzyskania porad technicznych odnośnie technologii wykonywania płytek drukowanych z zakupionych laminatów.

Ceny laminatu są różne zależnie od producenta^{*)}. Ustalając żadaną jakość laminatu i warunki jego dostawy należy pamiętać o zasadzie, że jakość surowca musi być proporcjonalnie wysoka do żądanej niezawodności i ceny całego urządzenia.

Ustalając wymiary arkuszy laminatu, grubość przyjmuje się na podstawie wymagań wynikających z konstrukcji modułu podstawowego. Pozostałe wymiary tzn. długość i szerokość arkuszy należy dobrać uwzględniając najbardziej ekonomiczny podział arkusza na płytki z nadatkami technologicznymi. Producenci

*) 1 m² laminatu epoksydowo-szklanego o grubości 1,5 mm, ew. 1,6 mm dwustronnie foliowanego Cu posiada następujące orientacyjne ceny sprzedaży, ustalone przez następujących producentów:
Gliwickie Zakłady Tworzyw Sztucznych - 930 zł,
Bakelite - ok. 2200 zł,
Laminaty cienkie są kilkakrotnie droższe

Zestawienie metod stosowanych przy badaniach właściwości laminatu¹⁾

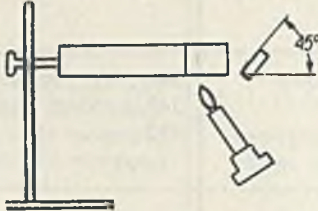
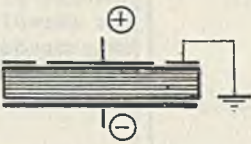


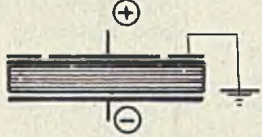
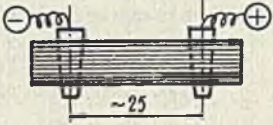
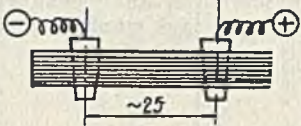
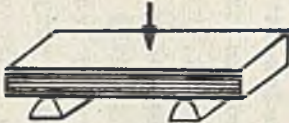

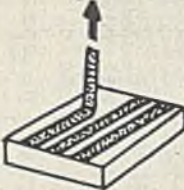
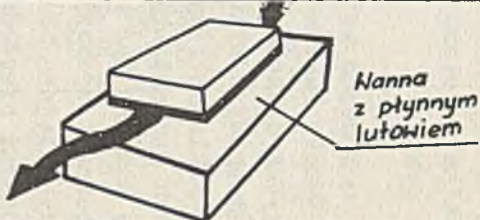
Właściwość laminatu foliowanego	Metoda badania	
Chłonność wody	Badanie przeprowadza się porównując ciężary próbek laminatu przed i po okresie zanurzenia w wodzie	
Palność	Badanie przeprowadza się trzymając przez 30 s próbkę laminatu bez folii metalowej, w odległości 25 mm od końca palnika Bunsena ustawioną pod kątem 15° w stosunku do płomienia	
Współczynnik stratności dielektrycznej i przenikalności dielektrycznej	Badanie przeprowadza się mierząc parametry elektryczne układu, którego elektrody są określonymi powierzchniami folii na laminacie, jak pokazano na rysunku	
Rezystancja właściwa powierzchniowa	Badanie przeprowadza się podobnie jak pomiar stratności dielektrycznej	

Tabela 4 /c.d./

Właściwość laminatu foliowanego	Metoda badania	
Odporność na łuk elektryczny	Badanie przeprowadza się przykładając określone napięcie do elektrod stykających się z laminatem bez folii metalowej	 <p><i>Elektrody</i></p>
Rezystancja właściwa skrośna	Badanie przeprowadza się podobnie jak pomiar stratności dielektrycznej	
Rezystancja izolacji	Badanie przeprowadza się przykładając określone napięcie do elektrod umieszczonych w laminacie prostopadle do powierzchni laminowania	
Odporność na przebicie	Badanie przeprowadza się podobnie jak pomiar rezystancji izolacji	

Właściwość laminatu foliowanego	Metoda badania	
Doraźna granica wytrzymałości na zginanie	Badanie przeprowadza się na próbce laminatu bez folii metalowej	
Udarność	Badanie przeprowadza się na próbce laminatu bez folii metalowej	
Siła potrzebna do oderwania folii od podłoża	Badanie przeprowadza się mierząc dynamometrem siłę potrzebną do oderwania określonego paska folii od podłoża	
Odporność na powstawanie pęcherzy podczas lutowania	Badanie przeprowadza się przesuwając w określonym czasie próbkę laminatu foliowanego po powierzchni płynnego lutownia	

1) W tabeli pominięto opisy badań laminatów, które są identyczne lub bardzo podobne do ogólnie znanych metod badań właściwości materiałów konstrukcyjnych

laminatów oferują najczęściej dwa lub trzy wymiary powierzchni arkuszy.

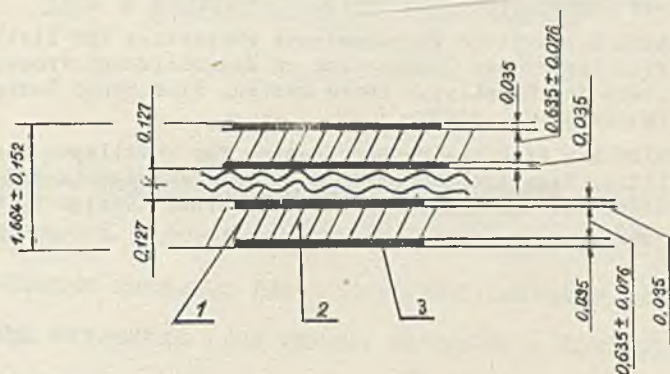
Dokonując wyboru preimpregnatu należy uwzględnić rodzaj i jakość laminatów przewidzianych do budowy wielowarstwowej płytki drukowanej. Ze względu na wymaganie odnośnie uzyskania jednakowych właściwości elektrycznych całej płytki, typ tkaniny szklanej preimpregnatu powinien być taki sam jak w skleja-nych laminatach. Odchyłki grubości tkaniny i gęstości jej splo-
tu powinny być możliwie małe, z uwagi na uzyskanie jednakowej grubości preimpregnatu po sprasowaniu w płytce. W przypadku, gdy sklepane warstwy mają powierzchnie z gęsto upakowanymi różnymi przewodami drukowanymi, zaleca się stosowanie preim-
pregnatów o większej zawartości żywicy, która lepiej wypełni przestrzeń między przewodami z folii. Grubość preimpregna-
tów przed procesem laminowania powinna być około 2 razy więk-
sza od żądanej grubości jaka jest uzyskiwana po ich sprasowa-
niu. Obecnie w większości katalogów podawane są grubości pre-
impregnatów po laminowaniu /sprasowaniu/. Dzięki temu uprosz-
czony jest dobór grubości preimpregnatów i laminatów potrzebn-
ych do wykonania płytki o założonej grubości. Tak np. dla
płytki czterowarstwowej skonstruowanej z dwóch laminatów dwu-
stronnie foliowanych miedzią i sklezionej dwoma preimpregnata-
mi /rys. 6/, której całkowita grubość ma wynosić $1,6^{+0,2}$ mm,
dobiera się wg katalogu [4] następujące grubości:

laminatów bez folii miedzianej	- $0,635^{+0,076}$ mm,
folii miedzianej	- 0,035 mm,
preimpregnatów	- 0,127 mm.

Sumując grubości laminatów, folii i preimpregnatów otrzymuje-
my w wyniku wymiar grubości płytki:

$$2 \cdot 0,635^{+0,076} + 2 \cdot 0,035 + 2 \cdot 0,127 = 1,664^{+0,152} \text{ mm.}$$

A więc graniczny wymiar grubości płytki wynosi 1,816 mm czyli
o 0,016 mm więcej od założonego wymiaru. Ponieważ rozkład to-
lerancji laminatów, folii i preimpregnatu ma charakter normal-
ny, wiadomo że frakcja płytek o grubości 1,816 mm stanowi po-
miąinalny procent ogólnej populacji wydrukowanych płytek.



Rys. 6. Czterowarstwowa płytka drukowana zbudowana z dwóch laminatów dwustronnie foliowanych miedzią i sklejonych dwoma preimpregnatami

1 - preimpregnat, 2 - warstwy izolacyjne laminatu, 3 - folia miedziana

Literatura

- [1] Bakelite Limited /A Bakelite Xylonite Company/, 12-18 Grosvenor Gardens, London, S.W.1.: Technical Information, 1965.
- [2] Bakelite Xylonite Limited, Plastics Materials Group, 12-18 Grosvenor Gardens, London, S.W.1.: Bakelite Laminates for Printed Wiring.
- [3] BROJER Z., HERTZ Z., PENCZEK S.: Żywice epoksydowe, PWT, Warszawa 1960.
- [4] Formica Industrial Laminates, 84-86 Regent Street, London, W.1: Formica Multilayer Circuitry Materials.
- [5] Gliwickie Zakłady Tworzyw Sztucznych, Gliwice, ul. J. Śliwki 86: Laminaty szkło-epoksydowe foliowane miedzią, Informacja techniczna R1/PSECu/103/69.
- [6] KŁOSOWSKA-WÓLKOWICZ Z., KRÓLIKOWSKI W., PENCZEK P.: Żywice i laminaty poliestrowe, WNT, Warszawa 1969.
- [7] Mica and Micanite Supplies Ltd, Mica House, Barnsbury Square, London, N.1: Synthetic Resin Bonded Laminates.
- [8] New England Laminates Co., Inc., Stamford, Conn, USA: Thin Copper Clad Epoxy Glass Laminates for Use in Multi-Layer Printed Wiring Boards. Specification No. ML-2.

- [9] New England Laminates Co., Inc., Stamford, Conn, USA: Preimpregnated, B-staged Epoxy Glass Cloth for Multilayer Printed Wiring Boards. Specification No. ML-2.
- [10] Vickers Limited, Ioco, Netherton Works Glasgow W3, U.K.: Formapex Copper Clad Data Sheet.
- [11] ZINBARG B.: Explore Thin-Laminate Properties and Limitation to Find the Proper Combination of Materials and Processing Steps for Multilayer Board Design. Electronic Design 4, February 15, 1967.
- [12] ZINBARG B.: Pick the Proper Prepreg for Multilayer Board Assemblies. Here are the prepreg selection criteria and processing steps for multilayer boards. Electronic Design 5, March 1, 1967.

ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДВУ- И МНОГОСЛОЕВЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТОВ

Резюме

Ламинаты с односторонним или двусторонним фольгированием металлом являются основным материалом для производства дву- или многослойных печатных плат. Ламинаты различны между собой по свойствам материала (род смолы, материал и конструкция арматуры, как бумага или стеклянные маты, материал металлической фольги и ее толщина, размер листа ламината) и их качеству. Вышеуказанные факторы оказывают влияние на свойства ламината общефизические, электрические, механические и технологические. Качество ламинатов предусмотренных для двуслойных печатных плат определяется классом электроизоляционного материала, а также отклонениями от параметров описывающих свойство ламината. Качество таких ламинатов предназначенных для многослойной печатной платы определяется толерантностью толщины ламината, числом и величиной включений и другими дефектами поверхности медной фольги.

Ламинаты являющиеся слоем многослойной печатной платы связаны между собой вязким веществом, так называемым припечом. Свойства и качество припечка определяются родом смолы, типом стеклянной материи, содержанием смолы и степенью полимеризации, степенью высушения, горючестью и чистотой.

При подборе ламинатов и припечков для производства опре-

деленных печатных плат, кроме анализа числовых параметров описывающих их свойства и качество, следует добавочно учесть факторы: надежность поставки пре-преча и также возможность получить от поставщика технологических советов по производству печатных плат.

BASIC MATERIALS FOR BOTH SIDES AND MULTILAYER PRINTED CIRCUIT BOARDS

Summary

One - or both sides metal-clad laminates are the basic material for both sides and multilayer printed circuit board production. Laminates differentiate one another by material properties /kind of resin, material and construction of armature like paper or glass cloth, material of metal foil and laminate sheet thickness, size/ and its quality. The above factors influence the laminate properties: general physical, electric, mechanical, technological. The quality of laminates destined for both side p.c. boards is determined by the class of electroisolating material, and by the deviations of parameters describing the laminate properties. The quality of thin laminates destined for multilayer p.c. boards is determined by the laminate thickness, tolerance, the number and the size of foreign inclusions, and other damages of copper foil surface.

Laminates constituting the layers of a multilayer p.c. board are interconnected by a binding material called pre-preg. The properties and quality of the latter are determined by the kind of resin, the type of glass cloth, the resin content and the degree of drying, flammability and purity.

When choosing laminates and pre-pregs, besides the numerical parameter analysis, describing their properties and quality, the following factors should be additionally taken into account, namely: supply reliability /especially of pre-preg, and the possibility to get from the supplier technological advice on the production of p.c. boards.

AUTORZY ARTYKUŁÓW ZAMIESZCZONYCH W ZESZYCIE 1 "PRAC IMM"

ZASTOSOWANIE ALGORYTMÓW MOORE'A I LEE'A
DO WYZNACZANIA OPTYMALNYCH POŁĄCZEŃ GWIAZDZISTYCH

Stanisław MAJERSKI dr hab. inż. Ukończył studia w 1951 r. na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. W dziedzinie maszyn matematycznych pracuje od 1957 r. W roku 1961 uzyskał stopień doktora w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN, a w 1969 r. stopień doktora habilitowanego na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej. Obecnie pracuje w Instytucie Maszyn Matematycznych jako pracownik naukowy. Jest autorem szeregu publikacji, głównie z zakresu automatycznej kontroli działania maszyn cyfrowych oraz z zagadnień struktury logicznej szybkich układów cyfrowych.

ZAGADNIENIA KONSTRUKCJI I TECHNOLOGII
GŁOWIC PAMIĘCI BĘBNOWYCH I DYSKOWYCH

Stefan PARVI dr inż. Ukończył studia na Wydziale Mechaniczno-Technologicznym Politechniki Warszawskiej w 1956 r. Stopień doktora Nauk Technicznych uzyskał na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej Politechniki Warszawskiej w 1970 r. W latach 1956-1960 pracował w Centralnym Biurze Konstrukcji Obrabiarek w Pruszkowie, a następnie od 1960 r. do chwili obecnej w Instytucie Maszyn Matematycznych, gdzie zajmuje się konstrukcją głowic dla pamięci bębnowych i zagadnieniami rejestracji magnetycznej. Jest kierownikiem Pracowni Rejestracji Magnetycznej w Zakładzie Pamięci Bębnowych IMM. Posiada 5 patentów i jest autorem kilku prac naukowych z dziedziny konstrukcji głowic.

URZĄDZENIE DO WIZUALNEJ KONTROLI STANÓW PAMIĘCI

Sławomir WOLSZCZAK inż. Ukończył studia w 1956 r. na Wydziale Łączności Wieczorowej Szkoły Inżynierskiej w Warszawie. Po-

czątkowo pracował w Polskim Radio i Instytucie Łączności, a od 1959 r. w Zakładzie Pamięci Wewnętrznych Instytutu Maszyn Matematycznych na stanowisku adiunkta. Zajmuje się układami elektronicznymi i makrostrukturą logiczną ferrytowych pamięci operacyjnych i z tego zakresu posiada szereg publikacji.

Andrzej OBLAMSKI. Ukończył w 1956 r. Technikum Radiotechniczno-Teletechniczne w Warszawie. Początkowo pracował w Wojskowym Instytucie Łączności, a od 1957 r. w Zakładzie Pamięci Wewnętrznych Instytutu Maszyn Matematycznych na stanowisku starszego technika. Zajmuje się układami elektronicznymi i makrostrukturą logiczną ferrytowych pamięci operacyjnych.

PODSTAWOWE MATERIAŁY DO PRODUKCJI DWU I WIELOWARSTWOWYCH PŁYTEK Z OBWODAMI DRUKOWANYMI

Jerzy EKNER mgr inż. Ukończył Oddział Mechaniki Precyzyjnej na Wydziale Mechaniczno-Technologicznym Politechniki Warszawskiej. W latach 1957-65 był starszym asystentem w Katedrze Mechaniki i Urządzeń Maszynowych, a następnie w Katedrze Konstrukcji Przyrządów Precyzyjnych Politechniki Warszawskiej. Jednocześnie w latach 1960-62 pracował jako konstruktor w Warszawskich Zakładach Foto-Optycznych i Wytwórni Sprzętu Komunikacyjnego "Grochów". W 1964 r. odbył praktykę przemysłową w NRD, m.in. w VEB Büromaschinenwerk Optima - Erfurt i w VEB Pentacon - Dresden. Od 1965 r. pracuje w Instytucie Maszyn Matematycznych. Jest kierownikiem Pracowni Konstrukcji Oprzyrządowania. Zajmuje się zagadnieniami konstrukcyjno-technologicznymi modułowych urządzeń elektronicznych. Jest autorem szeregu opracowań i publikacji.

WYKAZ ARTYKUŁÓW OPUBLIKOWANYCH
W "PRACACH IMM" W ROKU 1970

Zeszyt 1

1. Majerski S.: Dobór linii przeniesień sumatorów binarnych o jednakowej strukturze pozycji
2. Kwiatkowski A., Kuźnicka H., Karasińska-Kwiatkowska J.:
Z badań nad polaryzacją magnetyczną warstwy rejestrującej na powierzchni wirnika bębna pamięci magnetycznej. Cz. I
3. Wrzeszcz Z.: Przedziały zmienności parametrów generatorów wzbudzających ferrytowy blok nośnika informacji w pamięci koincydencyjnej

Zeszyt 2

1. Madej W.: CEMMA - język do symulacji procesów dynamicznych
2. Bielkowicz P., Perkowski P.: ASTEK I - język do statystycznej analizy danych eksperymentalnych
3. Witaszek J.: System magazynowania i aktualizacji dokumentów i jego zastosowanie w procesie uruchamiania programów
4. Mysior H.: Oprogramowanie uniwersalne maszyny ZAM-41 do EPD
5. Kuźnicka H.: Próba zastosowania metody Bittera do oceny jakości zapisu magnetycznego na warstwach rejestrujących pamięci bębnowych

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Politechniki Śląskiej

P 2229 / 71