

Koszewski, Józef

Valdemar Poulsen (1869-1942) i jego kontynuatorzy

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 45/3-4, 173-208

2000

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Józef Koszewski
(Warszawa)

VALDEMAR POULSEN (1869–1942) I JEGO KONTYNUATORZY

WSTĘP

Celem niniejszego artykułu jest zarys rozwoju oraz wielostronnych następstw wynalezienia **metody i technicznych środków magnetycznego zapisu sygnałów elektrycznych**.

Mija właśnie 100 lat, gdy autor wynalazku, duński inżynier Valdemar Poulsen uprawomocnił swoje pierwszeństwo do przedłożonej metody a także udowodnił jej techniczną realność przez zademonstrowanie działania pierwowzoru urządzenia do magnetycznego zapisu sygnałów akustycznych.

Z perspektywy już dostatecznie odległej, staje się obecnie aktualne i racjonalne sformułowanie oceny losów oraz doniosłych i rozlicznych wpływów wynalazku na osiągnięcia cywilizacyjne XX wieku. Wynalazek ten był bowiem początkowo oceniany jako „egzotyczne“ i marginalne wydarzenie techniczne.

Kwestia opisu stopniowo rozszerzającego się wpływu idei Poulsena na różne obszary aktywności społecznej stała się istotnie najciekawszym, zdaniem autora, tematem wieloletnich dziejów wynalazku.

Dotyczy to w pierwszym rzędzie sfery postępu naukowo-technicznego, w którym znaczące miejsce uzyskała nowa specjalizacja – **inżynieria** (badania, konstrukcja i technologia) **przetwarzania sygnałów/informacji**. Jeszcze donioślejsze skutki ujawniły się stopniowo w sferze **kultury materialnej** (i sztuce), a także w ekonomice światowej. Być może, iż porównywalnym konkurentem do

takiej skali globalnych oddziaływań stał się rozwój telekomunikacji, przebiegający w tym samym okresie w ramach dziejów techniki.

Wobec tak rozległego obszaru obejmującego zagadnienia związane z rozwojem dziedziny zapisu magnetycznego i utrzymania właściwych ram publikacji, powstał problem selekcji określonych wątków, a także sposobu ich prezentacji.

Oto podjęte tutaj tematy:

- przykłady najważniejszych zastosowań zapisu magnetycznego, takich, które tworzą wyodrębnione etapy rozwoju tej dziedziny;
- ocena postępów jakościowych odniesiona do rozwoju technicznego;
- chronologia znaczących wydarzeń; ujęta jako końcowe „Kalendarium“;
- krajowy dorobek badawczy, konstrukcyjny i produkcyjny.

Powyższy wybór nie obejmuje zagadnień teorii zjawisk fizycznych i problemów technicznych dotyczących inżynierii zapisu magnetycznego, jest to bowiem dobrze udokumentowane w obszernej literaturze krajowej i zagranicznej¹. W przypadku konieczności bliższego wyjaśnienia istoty ważnych innowacji inżynierskich, autor posłużył się odpowiednimi aneksami i przypisami zamieszczonymi na końcu artykułu.

WYDARZENIA W NAUCE I TECHNICIE U PROGU XX WIEKU

Dobiegał końca wiek XIX. Nazwano go „Wiekami Pary i Elektryczności“.

Lata 1895–1900 zaznaczyły się jako okres szczególnej aktywności badawczej i wynalazczej. Coraz częściej informowano o fundamentalnych odkryciach w badaniach podstawowych i ideach (wynalazkach) na polu techniki.

Niżej wymieniono te osiągnięcia, które stały się później, już w XX w., głównymi przymierzeńcami rozwoju dziedziny zapisu magnetycznego:

- ◆ Wilhelm C. Roentgen odkrywa i bada (1895) przenikliwe, wysokoenergetyczne promienie X, znane później jako promienie rentgenowskie; stworzona później rentgenografia będzie cennym narzędziem badania ferromagnetyków.
- ◆ Jean Perrin (1895) oraz Joseph J. Thomson (od 1897) określają doświadczalnie naturę fizyczną elektryczności (badają „promienie katodowe“), stwierdzając że jest ona złożona z ujemnie naładowanych cząstek (elektronów); to hipoteza i zarazem „zwiastun“ elektroniki, później nieodzownej w zapisie magnetycznym.
- ◆ Antoine H. Becquerel (1896) oraz Pierre Curie wraz z Marią Skłodowską-Curie odkrywają naturalną promieniotwórczość materii oraz promieniotwórcze pierwiastki: polon (publ.18.07.1898) i rad (26.12.1898); ten fakt otwiera nową erę w fizyce atomowej. Ponadto P. Curie wraz z innymi fizykami bada ferromagnetyki, m.in. wpływ temperatury na ich stan magnetyczny

(prawo Curie, punkt Curie, 1895); po dziewięćdziesięciu latach znajdzie to swoje wykorzystanie w ważnej innowacji idei Poulsena.

- ◆ Max K. E. Planck wysuwa hipotezę (1900) o kwantowej naturze oddziaływań fizycznych materii i promieniowania elektromagnetycznego; powstaje nowa gałąź fizyki – fizyka kwantowa.
- ◆ Guglielmo Marconi i współpracownicy realizują (14.05.1897) pierwszą transmisję radiotelegraficzną (Kanał Bristolski, odległość 5 km); powstaje „telegraf bez drutu“. Podobny eksperyment demonstruje też Aleksander Popow; rodzi się przyszła radiotechnika i radiokomunikacja.
- ◆ **Valdemar Poulsen proponuje (1898) magnetyczną metodę zapisu sygnałów elektrycznych i potwierdza ją praktycznie.**

Wymienieni badacze i odkrywcy, z wyjątkiem V. Poulsena, zostali uhonorowani (w różnych latach) Nagrodą Nobla.

Także w dziedzinie techniki omawiany okres okazał się wyjątkowo twórczy, a liczne wynalazki zapowiadały powstanie w XX w. nowych jej gałęzi².

Wyrażony tutaj pogląd autora o szczególnej kondycji intelektualnej lat 1895–1900 może być tłumaczony dobrym już w owym czasie obiegiem informacji, także i naukowej. Sprawna prasa oraz rozpowszechniona łączność telefoniczna³ oraz komunikacja kolejowa coraz skuteczniej ułatwiały kontakty środowiskom naukowym i techniczno-przemysłowym. Interesująca nas tutaj historia zaczyna się właśnie od łączności telefonicznej.

W POSZUKIWANIU AKCEPTACJI

Historia wynalazczości zawiera liczne przykłady początkowych niepowodzeń i pozamerytorycznych oporów, na jakie napotykali wynalazcy. Fundamentalna teza, że „istotą rozwoju są nowe idee“, nie była wystarczającym orężem w pokonywaniu sprzeciwu ludzi i materii. Jakże były losy tego wynalazku?

Duńczyk V. Poulsen, zanim opatentował swoją metodę, zdobył dobrą wiedzę z elektrotechniki i jako doświadczony pracownik Kopenhaskiej Kompanii Telefonicznej rozwiązywał różne problemy elektroakustyczne i elektromechaniczne. Możliwość utrwalania sygnałów telefonicznych i telegraficznych wynalazca upatrywał w wykorzystaniu właściwości **ferromagnetyków** (np. w postaci struny stalowej $\varnothing = 0,25$ mm), które można było namagnesować elektromagnesem z prądem przepływającym z obwodu telefonicznego lub telegraficznego.

Wytworzony w ferromagnetyku „profil“ namagnesowania można odtworzyć za pomocą czujnika, jakim jest znowu elektromagnes (teraz połączony ze słuchawką telefoniczną) przemieszczany wzdłuż utrwalonego w strunie „profilu“ namagnesowania. Takie doświadczenie Poulsen opisał w „Electrician“⁴, gdy w prostym zestawie demonstracyjnym (zacytowanym na rys.1).zapisał trwające

jedną sekundę słowo a następnie skutecznie je odtworzył, co trwało też jedną sekundę. W ten sposób udowodnił swoją ideę i w wieku 29 lat stał się twórcą magnetycznej metody zapisu sygnałów elektrycznych.

Aby zostać uznanym za wynalazcę, nie wystarczy dokonać tylko samego aktu wynalazczego, ale trzeba zadbać też o następujące sprawy: zdobyć prawa autorskie, znaleźć sponsora oraz udowodnić realność techniczną i przydatność dzieła.

Poulsen niezwykle sprawnie spełnił pierwszy z warunków. Uzyskał on w 1898 r. patent duński (*Dansk Patent* Nr.2653), a w 1899 r. w 13 innych krajach Europy i następnie, po odpowiednich udoskonaleniach nowego modelu nazwanego „**Telegraphone**“, patent w USA (*U.S. Patent* 661,619, Nov. 13, 1900). Rozwiązania techniczne tego patentu pokazuje rys.2. Poulsen podjął też promocję swego wynalazku poprzez liczne publikacje oraz uczestniczenie w Wystawie Światowej w Paryżu (1900). Tam uzyskał czołowe wyróżnienie.

Na demonstrowanym modelu zarejestrowano głos cesarza Franciszka Józefa, a ów historyczny zapis przetrwał do naszych czasów⁵. Musiało jednak upłynąć jeszcze 30 lat, by Poulsen doczekał się pełnego uznania wartości swojego dzieła.

Znacznie trudniejsze okazało się udowodnienie szerszej ekonomicznej atrakcyjności wynalazku i znalezienie sponsorów. W końcu XIX w. był już znany od 20 lat mechaniczny zapis dźwięku na fonografie T.A.Edisona. Chociaż fonograf wykazywał niską jakość akustyczną, jego znaczące rozpowszechnienie stwarzało istotną konkurencję. Pojawiła się też płyta gramofonowa⁶.

Zabiegi Poulsena o zainteresowanie środowisk zawodowych USA produkcją i zastosowaniami *Telegraphone* nie znajdowały z początku oczekiwanego odzewu. Nawet po założeniu w 1903 r. American Telegraphone Company, które miało produkować i promować opatentowany model, zainteresowanie było niewielkie. Zastrzeżenia budził słaby sygnał odczytu w słuchawce (nie istniały wzmacniacze sygnałów elektrycznych), krótki, około 1 minuty, czas zapisu oraz znaczna masa potrzebnego nośnika drutowego. Krytykowano też niską jakość akustyczną, dopuszczając jedynie dyktafonowe funkcje aparatu. Wysokie koszty wytwarzania (i cena aparatu) były też istotnym hamulcem rozwoju.

Jednak sukcesy badawcze w innych, wspomnianych już dziedzinach, otworzyły przed zapisem magnetycznym nowe perspektywy. Wynaleziona przez Lee De Foresta **trójelektrodowa lampa elektronowa**⁷ oraz zbudowany z jej zastosowaniem wzmacniacz sygnałów elektrycznych umożliwiły **wzmacnianie słabych sygnałów** w procesie odczytu; usuwało to jedną z głównych przeszkód w rozwoju rejestratorów. Autor wzmacniacza zwrócił uwagę na interesującą właściwość *Telegraphone*'u, ujawnioną przy zapisie sygnałów szybkiej telegrafii oraz ich odczycie w tempie dostatecznie zwolnionym dla poprawnego zdekodowania. Ta cenna i perspektywiczna cecha, możliwość zmiany „skali“ czasu, została niestety dostrzeżona podczas pierwszej wojny światowej przez stronę niemiecką i użyta do szybkiego nadawania radiotelegramów i utrudniania

skutecznego ich podsłuchu⁸. Cecha ta jednak doczekała się swoich szerszych zastosowań po zaistnieniu odpowiedniego stanu techniki.

V. Poulsen wniósł także swój wkład w radiokomunikację, gdy w roku 1903 wprowadził iskiernik nadawczy do niegasnącej emisji iskrowej. Doskonalił też zapis dźwięku filmowego. Za całość dokonań wynalazczych Duńska Akademia Nauk przyznała Poulsenowi Złoty Medal.

ISTOTA IDEI POULSENA I JEJ PERSPEKTYWY

Zakończenie pierwszej wojny światowej stworzyło w dziedzinie zapisu magnetycznego zupełnie nowe możliwości techniczne i obszary zastosowań. Największym sprzymierzeńcem dalszego jej rozwoju stał się niezwykle szybki postęp **radiotechniki i telekomunikacji**, jaki dokonał się u walczących dotąd stron. Obydwie te dziedziny nabrały bowiem istotnego znaczenia strategicznego.

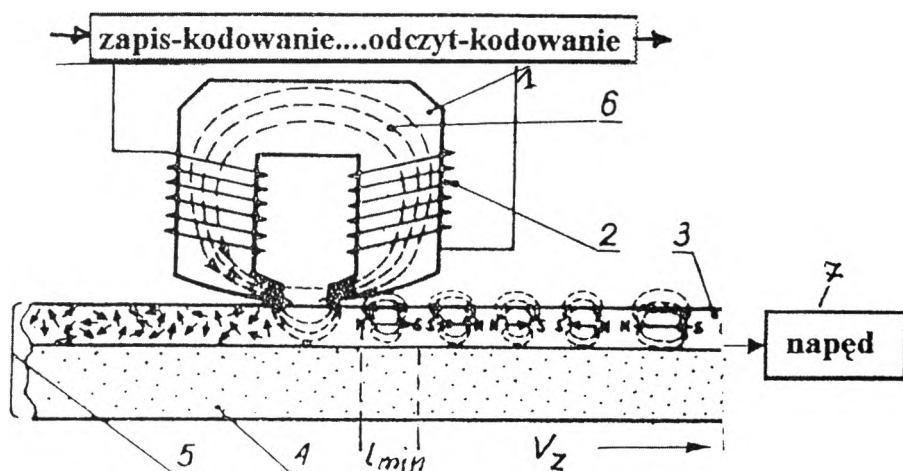
Jednak przed kontynuacją opisu dalszych wydarzeń, wydaje się w tym miejscu właściwe bliższe określenie istoty idei Poulsena, które będzie przydatne czytelnikowi mniej wprowadzonemu w zagadnienia techniki; w niej ma przecież swoje korzenie inżynieria zapisu magnetycznego.

Przez całe stulecie rozwoju urządzeń do zapisu magnetycznego pozostał aktualny ich podstawowy schemat. Pokazuje go rys. 3, który zestawia niezbędne zespoły urządzenia zapisująco-odczytującego. Chociaż każdy z tych zespołów przeszedł własną drogę przemian i doskonalenia, to jednak każdy z nich współdecydował o osiąganym postępie jakości oraz efektywności procesu zapisu i odczytu.

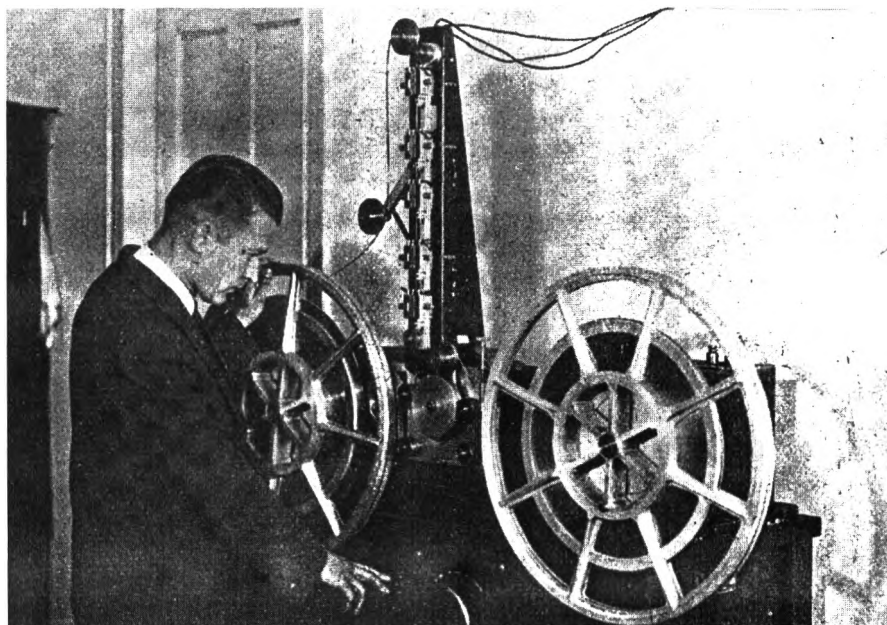
Pokazany schemat urządzenia realizującego rejestrację magnetyczną zdumiewa swoją prostotą. Dalej idące wnioski prowadzą do uznania nadzwyczaj interesujących właściwości i perspektyw tego wynalazku. Streścić je można następująco:

- a – może być utrwalany każdy rodzaj informacji (dźwięk, tekst, obraz, liczba);
- b – nośnik zapisu jest tani i może być wytwarzany masowo w dowolnych kształtach (w przyszłości okaże się ważne) i ilościach;
- c – proces zapisu i odczytu oparty jest na dobrze poznanych zjawiskach fizycznych, które przebiegają bez opóźnień;
- d – faza odczytu może nastąpić natychmiast po zapisie, bez stosowania dodatkowych zabiegów (jak ma to miejsce np. w procesach fotograficznych);
- e – zapis nie podlega starzeniu (w odpowiednich warunkach przechowywania) i może być usunięty przez kasowanie silnym polem magnetycznym;
- f – zwiększanie gęstości zapisu stwarza obecnie wielkie perspektywy w usprawnianiu magazynowania znacznych ilości informacji.

Wyrażony wyżej pogląd stanowi współczesną ocenę idei Poulsena, spełnia ona, jak teraz wiemy, warunki uniwersalnego medium przechowywania oraz



Ryc. 3. Podstawowy schemat konfiguracji zespołów magnetycznego rejestratora z zapisem wzdłużnym: 1 – głowica pierścieniowa, 2 – uzwojenia do przepływu prądu zapisu lub odczytu, 3 – warstwa ferromagnetyczna, 4 – niemagnetyczne podłoże, 5 – nośnik zapisu przesuwany mechanicznie napędowym, 6 – strumień magnetyczny w rdzeniu głowicy.



Ryc. 4. Widok głównego bloku rejestratora z taśmą stalową jako nośnikiem; szybkość zapisu – 1,5 m/sek, czas nagrania 20min.(1932).

rozpowszechniania informacji. Nie wydaje się obecnie przesadne przypisywanie wydarzeniu z 1898 r. znaczenia równie doniosłego, jak wynalazkowi, który ofiarował kiedyś nowożytnemu światu drukarz z Moguncji.

Przedstawiona charakterystyka nasuwa jednak podstawowe pytanie: jakie najważniejsze wyzwania stały przed inżynierią zapisu magnetycznego? Z uwagi na przewidywane zastosowania, głównymi celami stały się: osiągnięcie coraz większych **gęstości zapisu** przez stałe doskonalenie nośników ferromagnetycznych a także głowic oraz dążenie do jak najwyższej **wierności zapisu**, czyli zgodności sygnału zapisywanego z odczytywanym. Niezgodność taka nazywa się zniekształceniami procesu zapis-odczyt.

W zakończeniu tej „definiującej“ części, pozostaje do rozstrzygnięcia sprawa wymieniona na wstępie, kwestia przyjęcia racjonalnej miary postępów rozwoju dziedziny. Najwłaściwszą z wielu wydaje się osiągniata liniowa gęstość zapisu sygnałów (informacji), przy aktualnym stanie rozwoju nośnika. Od dziesiątków lat profesjonalnym symbolem tej miary jest **FRPI** (*flux reversal per inch*). Będziemy się do niej często odwoływać. Bliższe wyjaśnienie istoty owej miary znajdzie czytelnik w aneksie A.

ZAPIS MAGNETYCZNY A RADIOFONIA

Nastał początek lat dwudziestych. Społeczeństwa, zwłaszcza te uczestniczące w zakończonych już działaniach wojennych, usuwały zniszczenia, porządkowały swoje życie polityczne i gospodarcze (często w nowych granicach).

Szczególne przeobrażenia czekały przemysł, który miał odtąd zaspokajać i stymulować potrzeby czasów pokoju. Można było teraz wykorzystać liczne osiągnięcia wojennego dorobku naukowo-technicznego i produkcyjnego.

Jednym z czołowych wydarzeń lat 1920–1925, ważnych dla cywilizacyjnego kształtu całego XX w., stały się „narodziny“ **publicznej radiofonii** (*Broadcasting*)⁹. Czynnikiem sprzyjającym był techniczny postęp byłej radiokomunikacji wojskowej, która teraz mogła służyć jako nowy, wolny od granic środek przekazu treści słownych i muzycznych.

Rozwój publicznej radiofonii (w Polsce przyjęliśmy określenie „radio“) przebiegał niezwykle dynamicznie w wielu rozwiniętych krajach świata. Powstawały liczne wytwórnie radioodbiorników, bowiem liczba radiosłuchaczy rosła w zawrotnym tempie. Polska zamanifestowała swoją obecność w „eterze“ emisją audycji radiowej w dniu **2 lutego 1925 r.** ze studia Polskiego Towarzystwa Radiotechnicznego w Warszawie¹⁰.

Po przeszło dwudziestu latach kończyła się era *Telegraphone* 'u i jego marginalnych zastosowań a idea Poulsena mogła znaleźć wykorzystanie właściwe jej zaletom. Istniejące już i uruchamiane rozgłośnie radiowe musiały być wyposażone

w urządzenia do rejestracji dźwięku. Zapis magnetyczny wydawał się znacznie korzystniejszy od rozpowszechnionej już mechanicznej metody zapisu i odczytu mowy oraz muzyki. Fonografia była jednak wtedy „twardym“ konkurentem¹¹.

W tej sytuacji, przodujące w dziedzinie elektroakustyki firmy brytyjskie i niemieckie znacząco ulepszają urządzenia Poulsena, konstruuując do 1930 r. rejestrator magnetyczny *Blattnerphone* (wg. L. Blattnera) a także rejestrator wg K. Stille (współpraca z firmą Marconi). Ceniona już wtedy rozgłośnia BBC testuje nowe urządzenia i w grudniu 1932 r. retransmituje zapis świątecznego przemówienia Króla Jerzego V. Podstawowe wątpliwości zostały pokonane.

Polskie Radio, już od 1934 r., wprowadzało do swoich rozgłośni rejestratory *Marconi-Stille*, eliminując częściowo fonografię mechaniczną (płytkową).

Nowe rejestratory cechowała wystarczająca wtedy jakość akustyczna (pasmo częstotliwości 0,1 – 6 kHz), 30 minut nagrania i solidne, studyjne wykonanie. Nośnikiem zapisu była stalowa taśma (3 × 0,08 mm)¹², wartość FRPI \cong 70. Na rys.4 uwidoczniło się część operacyjną takiego urządzenia. Na łamach tygodnika „Antena“ (nr 2, 1934) swoje refleksje o tej innowacji wyraził Bruno Winawer:

„W gmachu Polskiego Radja pracuje już od pewnego czasu przyrząd albo *robot*, który na cienkiej stalowej taśmie zapisuje dźwięki niewidzialnymi, magnetycznymi znakami. Jeżeli chcemy utrwalić ku wiecznej rzeczy pamięćce Jaracza w roli Hamleta lub Sokratesa, puszczaemy motory i wirujące tarcze w ruch, stalowa wstęga sunie obok magnesów i – głos artysty możemy przekazać dalekiej potomności, albo sensacyjne wydarzenia przebiegające równocześnie w różnych miejscach podać słuchaczowi w jednym reportażu [...]. Robot nazywa się »Marconi-Still« i debiutował ze sporym sukcesem [...]. Myślę, że ów »Still« będzie miał wpływ kształcący na ludzi. Nie będą już mówili »na wiatr« byle czego w obawie, że metalowa taśma mowę i dźwięk utrwali i zachowa (skrót – *J.K.*).

Prawdziwym przewrotem w zapisie magnetycznym stał się ogłoszony w 1928 r. wynalazek Fritza Pfeumera (DRP 500900), który zaproponował nośnik – taśmę o niejednorodnej strukturze dwuwarstwowej – **niemagnetyczne podłoże i ferromagnetyczne pokrycie proszkowe**. Koncern IG Farbenindustrie natychmiast podjął tę ideę i stworzył w latach 1930–1934 odpowiedni nośnik taśmowy z podłożem z acetylocelulozy i z magnetyczną warstwą proszkową¹³.

Niemiecki koncern elektrotechniczny AEG uznał zalety nowych taśm (lekka, elastyczna) i skonstruował przystosowany do tych zalet rejestrator o nazwie *Magnetophone*. W ten sposób upowszechniło się określenie **magnetofon**.

To niewielkie i przenośne urządzenie taśmowe pokazano na Wystawie Radiowej w Berlinie w 1935 r., a do 1939 r. był gotowy rejestrator studyjny dla potrzeb radiofonii. Ponadto dla wojsk niemieckich opracowano do początku wojny specjalne odmiany magnetofonów (modele b-1, b-2).

W USA, pomimo europejskich osiągnięć w zastosowaniu warstwowych nośników taśmowych, stosowano nadal nośniki drutowe. Doskonalono ich właściwości

magnetyczne i obniżano średnicę (0,05÷0,1 mm). Równocześnie, postępy elektroniki umożliwiły zmniejszanie wymiarów i ceny urządzeń, co znacznie poprawiało ich atrakcyjność, np. w zastosowaniach dyktafonowych. Nośnik drutowy nie zakończył swojej kariery. Usłyszymy jeszcze o jego szczególnych zastosowaniach w dalszej historii zapisu magnetycznego.

I znowu świat ogarnęło szaleństwo wojny. Większość osiągnięć badawczych i inżynierskich związanych z magnetofonami taśmowymi pochodziła z Niemiec.

Przeptyw wiedzy o postępach techniki zatrzymano na 5 lat¹⁴. Obecnie wiemy, że unowocześnione rejestratory oddały niemieckiej służbie łączności, wywiadowi i służbom specjalnym, nieocenione usługi.

Magnetofony zaczynają swoją **polską historię** po zakończeniu wojny. Podczas odbudowy krajowej radiofonii, rozgłośnie wyposażano w profesjonalne rejestratory stacyjne, o właściwościach odpowiadających potrzebom radiofonii. Były to urządzenia brytyjskie (np. BTR-EMI) lub niemieckie (SJ 100), z bardzo sprawnymi mechanizmami napędowymi, umożliwiającymi pracę ze znormalizowanymi¹⁵ szybkościami zapisu i 10 razy wyższą szybkością przewijania taśmy – jest to cenna właściwość w operacjach kontroli zapisu i dokonywania montażu audycji (rys.5).

Autor tego artykułu był w latach 1947–1950 początkującym pracownikiem Działu Nagrań rozgłośni radiowej. We wspomnieniach z radiowej „kuchni“ tych lat dominują takie oto wrażenia. Nadrzędnym celem funkcjonowania rozgłośni jest dobrze przygotowany program, wyemitowany sprawnie i we właściwym czasie (a więc bez potknięć programowych oraz technicznych). Głównym polem rzeczywistego współdziałania sfery programowej z personelem technicznym (zawsze anonimowym dla radiosłuchacza) były nagrania „surowego“ materiału dźwiękowego, form słownych, muzycznych lub mieszanych, a następnie pracochłonny montaż zarejestrowanych składowych w zintegrowaną audycję, zgodną z intencją autorską. Stopniowo wzrastały dążenia kierownictwa programu do zmniejszania emisji bezpośredniej a wzrostu wcześniej zarejestrowanej¹⁶. Odpowiednio wzrastały też wymagania sprzętowe i obciążenie personelu obsługującego magnetofony stacyjne; mnożyły się też archiwalne zasoby nagrań (w 1970 r. osiągnęły one w Polskim Radio 0,7 mln. pozycji). Powyższe refleksje wyjaśniają kluczową rolę, jaką w pracy rozgłośni zajmowały procedury nagrań, pozwalają też docenić znaczenie operacji na nośniku i jego szybkiego przesłuchiwania oraz znajdowania miejsca zapisu przewidzianego do translokacji (przeniesienie do innej części zapisu). Wspomnienie to odnosi się do czasów fascynacji nowym narzędziem fonografii¹⁶, gdy nie były jeszcze znane współczesne metody rejestracji cyfrowej.

Radiofonia ma już obecnie za sobą okres prób i błędów. Jej cywilizacyjne posłannictwo (głównie treści programowe) było jednak stale głęboko zależne od posiadanych środków technicznych od ich jakości i wykorzystania. Sfera techniczna

„radia“ korzysta **komplementarnie** z praktycznych osiągnięć wielu dyscyplin: akustyki, elektroniki, mechaniki precyzyjnej czy chemii fizycznej.

Związki te rozpatrywali starannie historycy fonografii¹⁷. Właśnie owa komplementarność utrudniała karierę zapisu magnetycznego w radiofonii. Jej znaczenie polega na istnieniu w radiowym torze transmisyjnym długiego łańcucha równoprawnych ogniw: źródła dźwięku i jego warunków akustycznych (np. sala koncertowa) – mikrofonu – urządzeń wzmacniania i operatorskich – procesu zapis-odczyt – nadajnika – odbiornika radiowego (głośnik) – słuchacza i akustyki jego otoczenia. Każde z tych ogniw kształtuje proces transmisyjny. Oczywistym wnioskiem jest równocześnie znaczenia jakości ogniw w tym łańcuchu. Fonografia była ogniwem najtrudniejszym do opanowania, a jej najnowsza postać, zapis magnetyczny, musiał dorównać jakościowo pozostałym, zwłaszcza mikrofonom, adapterom i głośnikom¹⁸. Dopiero w końcu lat 40. **zapis magnetyczny stał się pełnowartościowym ogniwem.**

Tak więc, wynalazek Poulsena po pięćdziesięciu latach rozpoczął swoje posłannictwo cywilizacyjne – uczestnictwo w upowszechnianiu estetyki słowa i muzyki, czyli to, co od dwudziestu lat osiągała fonografia płytowa, wtedy pełnowartościowa jakościowo i powszechnie dostępna (także w postaci przekazu radiowego)¹⁹.

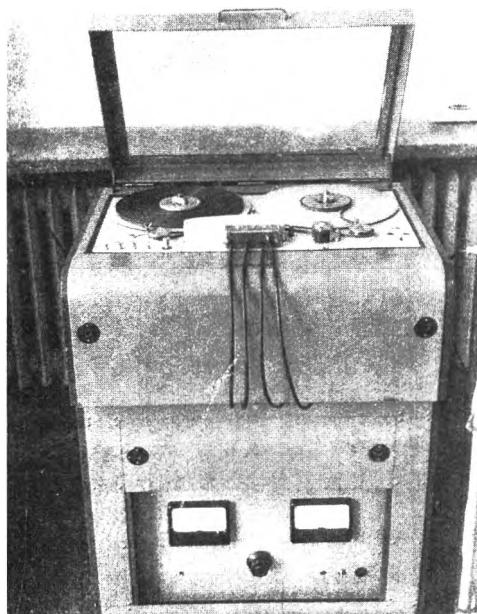
MAGNETOFON W ZASTOSOWANIACH AKUSTYCZNYCH

Główną zachętą do urynkowienia, a więc udostępnienia zapisu magnetycznego szerokiemu odbiorcy, stała się bogata oferta programowa radiofonii publicznej, jej form literackich i muzycznych. Korzystanie z niej było nieograniczone.

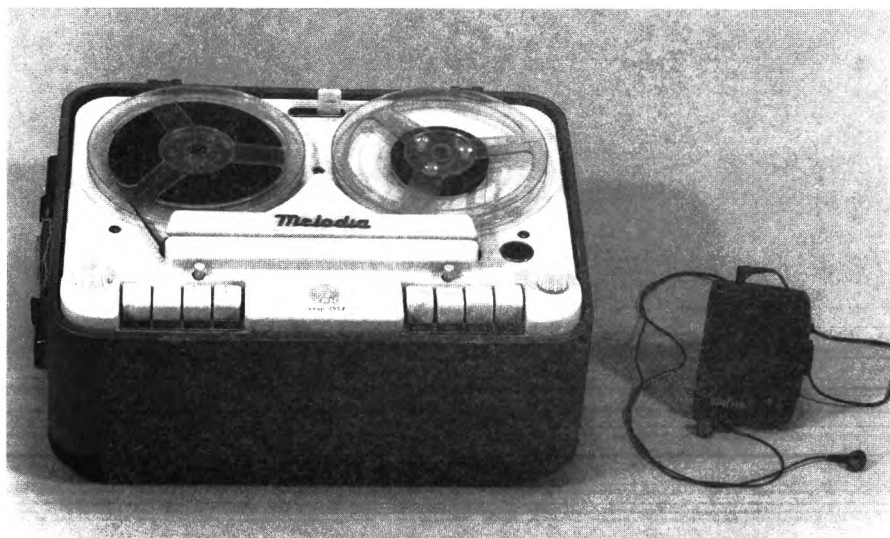
Magnetofon pozwalał na indywidualny wybór utrwalanych treści. Istnienie bogatego rynku płytowego nie było konkurencyjne w stosunku do nowych możliwości, jakie użytkownikowi ofiarował **magnetofon domowy**. Lata 50. stanowiły okres szybkiego, światowego rozwoju urządzeń tego rodzaju.

Wysiłek licznych i znanych, światowych firm radiotechnicznych oraz fonograficznych zmierzał do uproszczenia konstrukcyjnego, zmniejszenia i potania magnetofonu, by stał się prosty w obsłudze, umożliwiał zapis dobrej jakości i był dostępny za umiarkowaną cenę. Już w połowie lat 50. na rynku „zachodnim“ dostępne były różne odmiany (jakość, kształt, także cena) magnetofonów przenośnych do domowego użytku. Ich wspólną cechą było stosowanie standardowej taśmy 6,30 mm nawijanej na szpule o średnicy 175 mm, szybkość przesuwu nośnika 19,05 cm/s lub 9,53 cm/s, lampowe układy elektroniczne oraz „średnia“ jakość akustyczna. Źródłem sygnału był mikrofon lub radioodbiornik.

Ta rynkowa obfitość nie dotyczyła naszego kraju. Polityczna i gospodarcza izolacja Polski oraz inne priorytety w odbudowie kraju były przyczyną prawie



Ryc. 5. Widok magnetofonu profesjonalnego stosowanego po II wojnie do nagrań studyjnych: szerokość taśmy 6,30 mm, $V_z=76,2$ lub $38,1$ cm/sek, pasmo – $0,03\div 15$ kHz.



Ryc. 6. Wygląd polskiego magnetofonu „domowego“ –ZRK“Melodia“(1959), obok, dla porównania, *Walkman* firmy SONY, (1980).

dziesięcioletniego braku postępu naukowo-technicznego w wielu dziedzinach, także i w zapisie magnetycznym. Była też inna, ważna przyczyna tych opóźnień. Analizując skrupulatnie losy rozwoju techniki w II Rzeczypospolitej, nasuwają się takie oto wnioski. Rozwój krajowej radiofonii (w tym radiotechniki) był szybki i skuteczny, zarówno pod względem naukowym, jak i przemysłowym. Wykształcono wielu specjalistów, którzy potem w czasie okupacji stworzyli imponujący system radiołączności konspiracyjnej. Niestety, w dorobku międzywojennym nie widać żadnych świadectw istnienia prac nad zapisem magnetycznym. Potwierdzają ten fakt i inni badacze²⁰. Istotne jest też to, że podczas wojny polska kadra techniczna poniosła ogromne straty.

Powyższe uwagi wskazują, że pierwszoplanowym celem w odbudowie powojennej było wykształcenie specjalistów zdolnych do zaangażowania się w tworzenie nowych specjalizacji. Jednym ze źródeł takich kadr była szybko odbudowywana krajowa radiofonia (potwierdzają to własne doświadczenia autora).

Czołowym animatorem rozwoju dziedziny zapisu magnetycznego (od początku odbudowy polskiej radiofonii) był prof. dr inż. Bolesław Urbański, autor wielu konstrukcji i licznych publikacji książkowych. Łącząc zainteresowania elektroakustyką, elektroniką, radiofonią i telewizją wykazywał interdyscyplinarne doświadczenie, przydatne dla rozwoju nowej dziedziny. Inspirował potrzebne prace rozwojowe, najpierw w Centralnym Laboratorium PR (1952) potem w Centralnym Naukowo-Badawczym Laboratorium Radia i Telewizji (1958), którego był pierwszym dyrektorem. Pozyskał dla inżynierii zapisu magnetycznego grupę młodych i zaangażowanych konstruktorów, najczęściej o wykształceniu radioelektronicznym (Politechnika Warszawska i Wrocławska).

Z omawianej uprzednio istoty idei Poulsena wynikało, że uczenie się i nadrobienie opóźnień rozwojowych powinno koncentrować się na rozwiązywaniu problemów doskonalenia głowic i nośników magnetycznych. Od połowy lat 50. zaczyna się liczyć wkład polskich specjalistów w inżynierię zapisu magnetycznego.

Tak więc, w zespole mgr inż. Edmunda Koprowskiego powstawały **nowatorskie konstrukcje i technologie głowic** dla różnych zastosowań, od fonografii magnetycznej do zastosowań pomiarowych i zapisu szerokopasmowego²¹. Już w 1952 r., w Filmowym Biurze Technicznym rozpoczęto prace badawcze nad wprowadzeniem zapisu magnetycznego (ścieżka dźwiękowa) do przemysłu filmowego. Prototypowy pokaz odbył się w 1954 r., a pilotowa produkcja – to rok 1958. Był to wynik **ważny dla procesów udźwiękowienia w filmie i TV**²². W zakładach STILON w Gorzowie Wielkopolskim, od 1963 r. podjęto **wytwarzanie taśm magnetofonowych**. Stopniowo wzrastała ich jakość oraz asortyment, nie ustępując wymogom światowym. W latach 1958–1962 uruchomiono produkcję magnetofonów „domowych“, początkowo tylko w Zakładach Radiowych im. M. Kasprzaka (ZRK) w Warszawie. W zespole mgr inż. Ryszarda Patryna powstały modele „Melodia“ a następnie „Piosenka“ i inne odmiany (FRPI

~2800) (rys. 6). Natomiast zakłady TONSIL z Wrześni konkurowały prostszą i tańszą „Wilgą”. Wobec znacznego zapotrzebowania na profesjonalne magnetofony studyjne, głównie importowane przez Polskie Radio (np. BTR/1B EMI, W. Bryt.), podjęto w Zakładzie Produkcji Doświadczalnej FONIA (1967) małoseryjne wytwarzanie magnetofonu stacyjnego MS171 o bardzo dobrych właściwościach użytkowych²³, bowiem zapotrzebowanie sięgało dziesiątek sztuk rocznie.

W powyższym przeglądzie uwzględniono działalność rozwojową i produkcyjną, która dotyczyła tylko urządzeń do zapisu sygnałów akustycznych.

Po szybkim wzroście stale modernizowanej produkcji, w latach 1988–1990 nastąpił jej zanik spowodowany likwidacją barier handlowych i utratą łączności dla rynku wewnętrznego²⁴.

Do „poloniców” zalicza się też niekiedy osiągnięcia konstrukcyjne szwajcarskiej firmy Kudelski, która w omawianym tu okresie wytwarzała znakomite **magnetofony reporterskie**, np. typ NAGRA III B o zasilaniu bateryjnym, z trzema szybkościami zapisu i niezawodnym napędem (FRPI \cong 3100).

Także w kraju w warsztatach PRiTV powstały magnetofony reporterskie L2B.

A więc po 55 latach wynalazek V. Poulsena trafił „pod strzechy”, a światowa produkcja osiągała setki odmian i miliony sztuk magnetofonów.

Dotychczas omawiałem jedynie stosowanie nośnika w formie taśmy, możliwe były jednak i inne, np. płyty lub bębny (myślano już o tym w 1906 r.). Te ostatnie, przy niskich gęstościach zapisu, wydawały się wtedy nieracjonalne. Ale przyszłościową zaletą zapisu po ścieżce spiralnej była możliwość szybkiego dostępu (po promieniu dysku) do wybranego miejsca zapisu. W 1950 r. znane już były dyktafony z nośnikiem magnetycznym w postaci płyty z rowkiem spiralnym (\varnothing wew = 125 mm, \varnothing zew = 290 mm), którego dno pokrywała proszkowa warstwa zapisująca a wierzchołek prowadził ramię z głowiczką zapisu i odczytu. W tym czasie (1950) grupa konstruktorów z Warszawy (Józef Koszewski – elektronik, Roman Buchowski – operator nagrań oraz Bogdan Kucharzewski – chemik) przedstawiła własną ideę, która zakładała *zastosowanie płyty bezrowkowej*, o lepszych właściwościach warstwy nośnika (wyższa jego gładkość i jednorodność). Spiralny ruch nadawał głowicy odpowiedni mechanizm, zsynchronizowany z obrotami płyty, podobny do stosowanego dawniej w fonografii mechanicznej.

W 1952 r. wykonano prototypy rejestratorów wg. tej idei²⁵. Przy 16 obrotach dysku na minutę i odstępach ścieżek 0,5 mm, czas zapisu osiągał 20 min. Kopię przyznanego patentu pokazuje rys. 7. Z perspektywy obecnego stanu zapisu magnetycznego można uznać, że przypomniany wynalazek był bardzo wczesnym **prototypem powszechnie teraz używanej dyskowej pamięci komputerowej**.

W dziejach omawianej tutaj dziedziny nie można przeoczyć wprowadzenia zapisu stereofonicznego (światowy początek: 1956 r.)²⁶. W krajowej produkcji magnetofonów uwzględniono ten ważny wymóg (od wielu lat istniały już płyty

stereofoniczne) przez wprowadzenie dwóch niezależnych kanałów zapisująco – odczytujących i wykorzystanie zapisu wielościeżkowego (2 lub 4 ścieżki).

Autor, na podstawie różnych przesłanek, próbował dokonać oceny inżynierskiego i przemysłowego, krajowego dorobku w dziedzinie zapisu magnetycznego. Można stwierdzić, że polscy specjaliści, pomimo oddziaływania różnych barier, dobrze sprawdzili się merytorycznie w nowej dziedzinie. Świadczy o tym opanowanie w powojennym dwudziestolecu złożonych konstrukcji i trudnych technologii fonografii magnetycznej. Natomiast produkcja przemysłowa opóźniła się w stosunku do odpowiednich wyrobów „wolnego rynku“ o około 8 lat.

Czy w powojennym dwudziestopięcioleciu zapis magnetyczny w krajowych fonograficznych zastosowaniach wykazał się istotnym oddziaływaniem cywilizacyjnym? Staranne zsumowanie faktów i opinii pozwala dać odpowiedź pozytywną.

Różni użytkownicy dysponowali w tym okresie sumą ok. 400 tysiącami magnetofonów profesjonalnych i typu „domowego“. Do głównych zastosowań profesjonalnych należy zaliczyć:

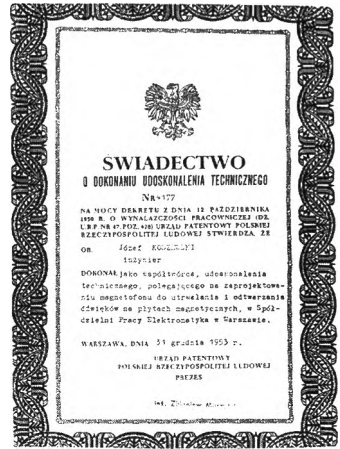
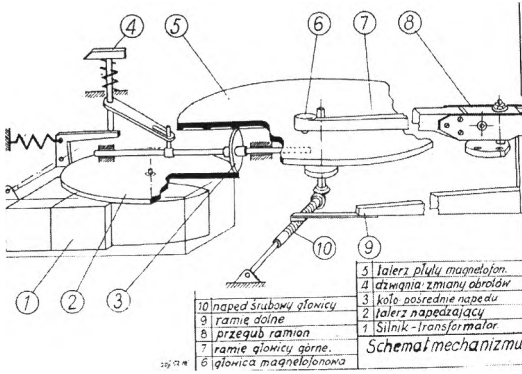
- obsługę studyjną, transmisyjną i reporterską w radiofonii;
- zapis dźwięku w TV, np. w procedurach udźwiękowania emisji filmów;
- zapis pierwowzoru dźwiękowego w produkcji fonograficznej;
- profesjonalna, studyjna obsługa instytucji kultury: filharmonie, teatry (efekty dźwiękowe, postsynchron itp.) oraz szkolnictwo muzyczne i filmowe.

Ważne znaczenie kulturotwórcze miało zastosowanie sprzętu nieprofesjonalnego (ok. 90 % magnetofonów). Oto przykłady o szczególnej wymowie.

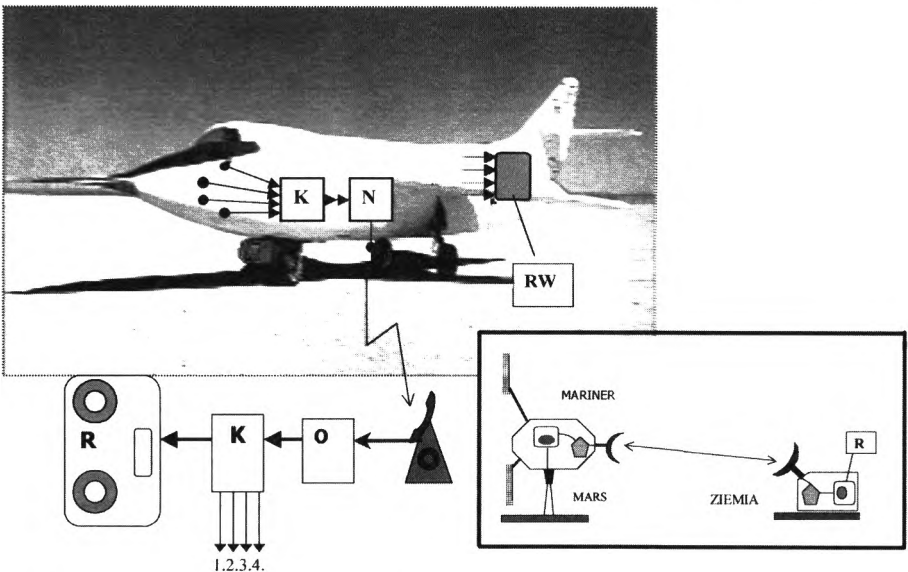
Dydaktycy szkolnictwa ogólnego²⁷ promują magnetofon jako przydatne narzędzie dydaktyczne. Władze oświatowe finansują wyposażenie szkół w sprzęt elektroakustyczny. W szkołach specjalnych (np. dla niewidomych) wiele pozycji literaturowych jest wczytywanych na taśmie magnetofonową.

Niezwykłe zasługi dla polskiej etnografii ma taśmoteca stworzona przez Mariana i Jadwigę Sobieskich oraz współpracowników²⁸, którzy w odpowiednim czasie utrwalili zanikające już wartości kultury ludowej (śpiew, gwara, obrzędy) w wybranych regionach kraju – akcja *ślადami Oskara Kolberga*.

Muzyka elektronowa stanowi jeden z rodzajów ekspresji muzycznej kompozytora. Zgodnie z nazwą, wymaga środków elektronicznych do generowania dźwięków zgodnych z intencją artysty. Ważnym etapem jest tutaj zapis magnetyczny, który pozwala na dokonanie syntezy kompozycji, często z elementami brzmienia tradycyjnych instrumentów²⁹.



Ryc. 7. Schemat konstrukcyjny magnetofonu z bezrowkowym nośnikiem dyskowym (prototyp 1951 r.), kopia zaświadczenia z Urzędu Patentowego; kierownik zespołu twórców mgr inż. J. Koszewski.



Ryc. 8. Schemat cztero kanałowego systemu radiotelemetrycznego RTUP-57 z zastosowaniem magnetycznego rejestratora instrumentalnego (według projektu J.Koszewskiego): K – moduły kodujące – modulacja PPM, N – nadajnik 400 MHz, O – odbiornik z anteną, R – rejestrator magnetyczny, RW – rejestrator pokładowy, obok łącze satelitarne z zapisem magnetycznym, ze zmianą „skali czasu”.

ZAPIS MAGNETYCZNY A POMIARY I STEROWANIE

Ten interesujący dział zapisu magnetycznego rozwijał się bardzo szybko i niezależnie (początek lat 50.). Wymagał specjalnych technologii i zróżnicowanych rozwiązań. Istniała strategiczna zależność wyników badań w wielu dyscyplinach, jak np: astronautyka, lotnictwo, atomistyka, automatyka, geofizyka, chemia czy medycyna, od **dokładnych i wieloparametrowych systemów pomiarowych**. W badaniach obiektów w ruchu posługiwano się metodami **radiotelemetrii**³⁰.

Końcowym członem systemu pomiarowego jest zwykle rejestrator wyników pomiarów, który umożliwia ich udokumentowanie i analizę. Od dawna stosowano jako rejestratory wielokanałowe (liczba kanałów zależy od liczby badanych parametrów) mikrogalwanometry „pętlicowe”³¹. Zapis magnetyczny, ze względu na swoje zalety (wcześniej omawiane), rozwiązywał w sposób nader korzystny problemy rejestracji sygnałów pomiarowych. Dotyczy to zwłaszcza obiektów ruchomych lub niedostępnych oraz śledzenia szybko przebiegających procesów. Pierwsze doniesienia o pomiarowej roli zapisu magnetycznego – to rok 1949³². Niezwykłą dynamikę rozwoju tej specjalizacji widać na przykładzie amerykańskiej firmy AMPEX Corp., której obroty wzrosły z 10 mln. USD w 1955 r. do ok. 170 mln. USD w 1965r.

Powstające niedokładności w procesie zapisu, mało istotne przy rejestracji fonicznej, są niedopuszczalne w zastosowaniach pomiarowych. Powstał więc w rejestracji magnetycznej złożony problem **kodowania** sygnałów – procedur ich przekształceń ograniczających wpływ owych niedokładności. Trudność ta była w tym czasie do pokonania dzięki technikom przetwarzania sygnałów, znanym z radiotechniki i radiotelemetrii.

W kraju, w środowisku specjalistów, którzy zajmowali się pomiarami obiektów w ruchu (Instytuty Lotnicze, Instytut Mechaniki Precyzyjnej, WAT) podjęto budowę systemów radiotelemetrycznych i wykorzystanie zapisu magnetycznego. W latach 1956–1957, w zespole kierowanym przez mgr inż. Józefa Koszewskiego, powstał cztero kanałowy system radiotelemetryczny z magnetycznym rejestratorem instrumentalnym i kodowaniem PDM (modulacja szerokości impulsów)³³. Wykorzystano napęd profesjonalny i zmieniono odpowiednio warunki zapisu.

Zbudowany system pomiarowy służył do terenowych badań pojazdów samochodowych, a w zupełnie odmiennym zadaniu w próbach lotu raketowych sond meteorologicznych i samolotów (rys.8)³⁴. Podobnymi problemami zajmował się zespół mgr inż C. Lichodziejewskiego w Instytucie Lotnictwa.

Wielkie zróżnicowanie inżynierskich rozwiązań tworzących rejestratory instrumentalne (głównie ze względu na przeznaczenie) nie pozwala w ramach artykułu szerzej ująć tu tej specjalizacji. Mówi o tym np. skala cen, 10 do 100 razy

wyższych od magnetofonu dobrej klasy. Niech przykłady pokażą dość niekonwencjonalne zastosowania.

Z początkiem lat 60. stało się normą wyposażenie samolotów pasażerskich w pokładowe rejestratory parametrów lotu (tzw. „czarna skrzynka“, zwykle pomarańczowa). Zwykle dotyczy to: szybkości, wysokości i czasu lotu, wychylenia sterów, zmian wysokości (wariometr). Zapisywane są też treści rozmów nawigacyjnych – wymaga to wielu kanałów rejestracji. Kasetą z nośnikiem stanowi wymienny blok. Rejestrator chroni obudowa wytrzymująca nacisk 1000 kg oraz płomień 800°C przez 15 min. Rozwiązania konstrukcyjne są chronione przez 42 patenty³⁵.

W lipcu 1965 r. sonda kosmiczna *Mariner IV* znajdowała się w odległości 10000 km od powierzchni Marsa³⁶. Wykonała wtedy serię 22 zdjęć zadanego pola obserwacji. Fotokamera dostarczała przez 50 sekund do rejestratora pokładowego sygnał wizyjny o rozdzielczości 240000 punktów na 1 obraz (nośnik – 100 m). Po zarejestrowaniu zdjęć uruchamiano na rozkaz z Ziemi funkcję odtwarzania w trybie zmiany „skali czasu“ 1:1290, nośnik przesuwiał się z szybkością 0,254 mm/s, co odpowiadało okresowi transmisji 8 h 20 min. na obraz. Taka redukcja szybkości odczytu i transmisji była podyktowana wymogiem poprawnej łączności na odległość 241 mln. km (szkie sytuacyjny na rys. 8).

Zaprezentowana w 1962 r. przez R. Holtera koncepcja magnetycznej rejestracji sygnału EKG stanowiła jakościowy przełom i stała się podstawą do opracowania metody ciągłego zapisu EKG, w dowolnie określonych warunkach, w ciągu całodobowej aktywności pacjenta³⁷. Zapis dokonywany jest na minirejestratorze, noszonym przez badanego, $V_z = 1 \text{ mm/s}$ ³⁸ (w latach 1958–1962 była już możliwa miniaturyzacja układów elektronicznych). Po nagraniu, następuje odtwarzanie na specjalnym urządzeniu stacyjnym z wykorzystaniem zmiany „skali czasu“ w proporcji 120:1. Elektrokardiografia holterowska bardzo się rozpowszechniła a obecnie jest wspomagana przez technikę komputerową. W Polsce podjęto produkcję modelu Medilog 300 na licencji firmy Oxford.

W Instytucie Geofizyki PAN, pod kier. doc. dra S. Michnowskiego, badano zmiany pola elektrycznego atmosfery podczas zaistnienia silnych wyładowań. Utrudniającymi eksperyment cechami tego zjawiska są: krótkotrwałość sygnałów, ich szerokopasmowość, wielka zmienność amplitud (1:10000) oraz przypadkowy moment inicjacji procesu. Rozwiązanie problemu (przy współpracy z IChF PAN) polegało na dość gruntownym przystosowaniu do tego zadania magnetowidu MTV-10, który w pracy ciągłej wychwytywał moment zjawiska.

ZAPIS MAGNETYCZNY A TELEWIZJA

Upowszechniające się od 25 lat nowe medium, telewizja, było potężnym źródłem inspiracji tworzenia szczególnie ważnego narzędzia pracy – rejestratora

zespolonego sygnału fonii i wizji; dotychczas był to zapis filmowy. Magnetyczna rejestracja ruchomych obrazów (tym jest w istocie sygnał TV) stwarza poziom trudności realizacyjnych, który w stosunku do zapisu fonii można (upraszczając) przedstawić relacją produkcji samolotu pasażerskiego do wytwarzania samochodu małowadźowego. Najistotniejszymi cechami sygnału wizyjnego, ze względu na kryteria zapisu, są: szerokopasmowość (do 7 MHz), złożona struktura zakodowania oraz wymagany długi czas rejestracji. Było to do osiągnięcia dzięki równoczesnemu spełnieniu dwóch najważniejszych warunków:

- zmniejszenie I_{\min} (rys.3), czyli **zwiększenie gęstości zapisu**;
- **zwiększenie szybkości zapisu** – wtedy I_{\min} staje się mniej krytyczne.

Osiągnięte do lat 50. właściwości nośników i głowic stanowiły główne ograniczenie wzrostu gęstości zapisu. Opracowano więc głowice wykorzystujące nowe materiały magnetyczne, zdolne do zapisu i odczytu wysokich częstotliwości (do 10 MHz), odporne na ścieranie i przystosowane do ścieżek o szerokości poniżej 0,2 mm.

W latach 1954–1956, w licznych doniesieniach³⁹ analizowano szanse zapisu sygnałów TV, ale nic nie zapowiadało korzystnego rozwiązania problemu.

W 1956 r. wymieniana już firma AMPEX przedstawiła prototyp magnetowidu studyjnego (VR 1000), który zadowalająco realizował zapis TV. Osiągnięte pasmo częstotliwości (0 ÷ 6 MHz) spełniało wymagania norm telewizyjnych. Szczególnie racjonalnym i nowatorskim rozwiązaniem było wierszowe wykorzystanie powierzchni szerokiego nośnika magnetycznego, według koncepcji wyjaśnionej w aneksie B (w 1912 r. K.Prószyński przedstawił taką ideę w odniesieniu do filmowego nośnika obrazu). Osiągnięcie AMPEX-a uznano w USA za sukces porównywalny do rozwijanych w tym czasie programów kosmicznych i nuklearnych. Trzeba też podkreślić fakt, że w ciągu kilku lat profesjonalne magnetowidy stacyjne typu AMPEX (wytwarzane już przez inne firmy) stały się standardowym narzędziem pracy stacji telewizyjnych w wielu krajach. Szybko też opracowano modyfikacje takiego rejestratora⁴⁰.

Światowy rozgłos tego sukcesu stał się twórczą inspiracją dla polskich specjalistów z dziedziny zapisu magnetycznego. Doświadczenia uzyskane z prac nad urządzeniami stosowanymi w rozgłośniach radiowych, zwłaszcza magnetofonami studyjnymi, pozwoliły zespołowi mgr inż. Adama Bocka (Centralne Laboratorium Naukowo-Badawcze Radia i Telewizji) podjąć własną próbę budowy magnetowidu studyjnego⁴¹. W latach 1958–1964, dochodząc stopniowo do fazy modelu, przeprowadzono próby eksploatacyjne wirującego zestawu głowic wąskośladowych i wreszcie 22 marca 1965 r. nastąpiła studyjna inauguracja **pol-skiego magnetowidu profesjonalnego** na antenie TVP.

Rywalizacja wielkich firm w dziedzinie magnetowidów profesjonalnych, znalazła swój twórczy odzew w Japonii, gdzie w 1959 r. concern elektroniczny Toshiba korzystnie zmodyfikował ideę zapisu „wierszowego“, przedstawiając

racjonalniejszą metodę wykorzystania nośnika. Stosowana jest do tej pory w magnetowidach komercyjnych (domowych). Doskonale inżynierskie podjęły liczne firmy (RCA, AMPEX, Philips JVN)⁴². Istotę zapisu „helikalnego“ streszcza aneks C.

Zapis magnetyczny sygnałów szerokopasmowych (jak w TV) występuje także często w wielu sytuacjach pomiarowych, zawsze gdy bada się i rejestruje krótkotrwałe procesy. W Instytucie Chemii Fizycznej PAN, grupa badawcza prof. dra Z.R. Grabowskiego specjalizowała się w badaniu przebiegu bardzo szybkich reakcji fotochemicznych⁴³. Sygnały odwzorowujące te procesy trwały do 10 ms, lecz ich wierna rejestracja wymagała zapisu pasm o częstotliwościach od 0 do 4 MHz. Grupa konstruktorów aparatury badawczej (J.Koszewski, E.Przybysz, P.Kucza, A.Bock i E.Koprowski), która działała na rzecz programu fotochemicznego, już w 1958 r. podjęła budowę urządzeń rejestrujących do takich zadań. Dzięki nowatorskiej wtedy koncepcji, powstało odpowiednie urządzenie badawcze wykorzystujące zapis magnetyczny.

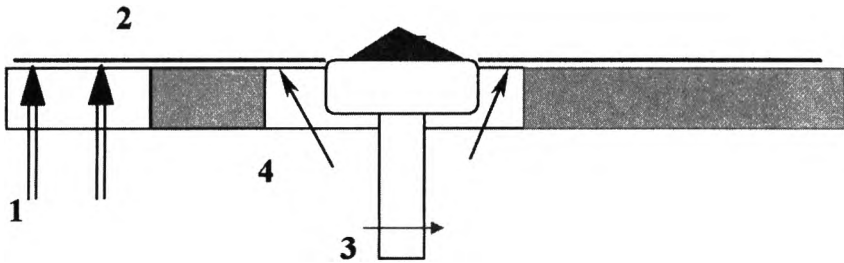
Ideą przewodnią rozwiązania było zastosowanie **elastycznego nośnika magnetycznego w kształcie krążka** o średnicy 17 cm i grubości 20 (m (Rys.9).

Wysokoobrotowy napęd (100 obrotów/sek.) powodował wirowanie nośnika z szybkościami obwodowymi do 50 m/sek.; umożliwiło to zapis na koncentrycznych ścieżkach sygnałów o pasmach do 4 MHz (FRPI \cong 3100). Oczywiście z powodu zapisu jedynie na dwóch ścieżkach, czas trwania zapisu wynosił tylko 10 ms. Opisana idea stanowi polski wkład w nowatorskie rozwiązania problemu magnetycznego zapisu krótkotrwałych sygnałów szerokopasmowych⁴⁴. Ten fakt można uznać za powstanie **prototypu współczesnych dyskietek komputerowych**. Obecnie stały się one powszechnymi narzędziami informatyki.

Należy też odnotować, że przemysł krajowy (Zakłady Radiowe M.Kasprzaka) podjął w 1973 r. produkcję magnetowidów domowego użytku, zaczynając od modelu MTV-10. Pomimo ulepszeń następných modeli, w 1984 r. wycofano się z tej trudnej technologicznie i handlowo mało atrakcyjnej produkcji w porównaniu z bogatą ofertą czołowych producentów światowych. Magnetowid dawno stał się cywilizacyjną powszednością. Jednak jego panowaniu zagroziło nowe wyzwanie – system płyty kompaktowej DVD i jej optyczna metoda odczytu. Ale to już dzieje zapisu niemagnetycznego.

NOŚNIKI W OPAKOWANIU CZYLI KASETY, DYSKIETKI I KARTY

Połowa lat 60. Magnetofon stał się w pełni akceptowanym składnikiem domowej elektroakustyki. Wytwarzany w milionach egzemplarzy, zróżnicowany w jakości, cenie i wymiarach, nie zapowiadał już rewolucyjnych przeobrażeń. Rewolucja taka jednak nastąpiła. Jej istotą była „**kasetyzacja**“ **nośnika** (inicjatywa



Ryc. 9. Schemat układu rejestracji na nośniku foliowym: 1 – głowice zapisu i synchronizacji, 2 – nośnik foliowy o kształcie krążka, 3 – napęd (100 obrotów/sek.), 4 – strzałki, które wskazują strugi powietrza ustalające szczelinę głowice – nośnik.

Format	VHS	VHS-C	8 mm	DV
Rozdzielczość	240 linii	240 linii	240 linii	500 linii
Maksymalny czas nagrania (standard)	2 h	40 min.	5 h	2 h
Wymiary kamery	duże	małe	małe	najmniejsze
Waga kamery	największa	mała	mała	najmniejsza



Ryc. 10. Zestaw nośników kasetowych: dysk elastyczny (FP) – 3,5 cala, kasetka kompaktowa CC, kasetka magnetowidowa 12,7 mm, kasetka Hi8, karta magnetyczna.

Philipsa, 1963)⁴⁵. Odeszły w przeszłość nieporęczne szpule i ustąpiły miejsca aktualnemu do dziś pojemnikowi kompaktowemu (*Compact CC*), o powszechnie unormowanym kształcie i sposobie ulokowania nośnika⁴⁶.

Powodzenie kompaktowej rewolucji w zapisie fonicznym było efektem znaczących postępów w konstrukcji i technologii nośników, napędów i miniaturyzacji układów elektronicznych. Jednak największą rolę odegrała osiągnięta prostota wymiany kaset. Poszerzyło to znacznie krąg użytkowników. Powstają więc minimagnetofony „osobiste“, samochodowe, telekomunikacyjne, podsluchowe i inne. Towarzyszył temu także postęp jakościowy, który wyrażał się: obniżeniem wymiaru taśmy (3,81 mm), wprowadzeniem małych jej grubości⁴⁷ i szybkości zapisu (4,76 cm/sek.). Rys.10 pokazuje „paletę“ współczesnych kaset.

Dwadzieścia lat temu wiodącym producentem magnetofonów kasetowych stał się japoński producent sprzętu elektroakustycznego i taśm – SONY. Jak głosi sam producent, z nakazu prezesa koncernu opracowano w okresie 4 miesięcy zminiaturyzowaną, bardzo trwałą, wielowersyjną odmianę kompaktu „osobistego“ (odbiór słuchawkowy) i nadano mu firmową nazwę „Walkman“⁴⁸. W latach 1978–1999 wytworzono ich 150 mln. sztuk. Oto niezwykły rekord w dziedzinie, której losy są tu pokazywane. Minęło też 30 lat od czasu, gdy w naszych domach poczesne miejsce zajmowała 14 kilogramowa „Melodia“.

Niekwestionowane zalety „kasytazacji“ znalazły wkrótce (po 1974 r.) pełne wykorzystanie w magnetowidach systemu helikalnego. Wprowadzono też znormalizowanie wymiarów kaset; dla TV szerokości nośnika – 12,7 mm oraz 8 mm, te ostatnie stosowane m.in. w minimagnetowidach fotokamer. Trudy i koszty rozwoju zwróciły się jako sukces handlowy firm japońskich, europejskich i amerykańskich („magnetowid w każdym domu“), wliczając też globalny rynek zapisanych już kaset. Inny, ekonomiczny aspekt, to stale rosnące zapotrzebowanie na coraz doskonalsze taśmy wizyjne i foniczne⁴⁹.

Ważną formą opakowanego nośnika są **komputerowe dyskiety elastyczne** (*floppy disk*, FD). O takim nośniku już mówiono w związku z polskimi pracami. Swój rozwój FD związały z erą komputerów osobistych (od 1975 r.) a zwłaszcza ich dalekowzrocznie planowanym rozwojem, w którym wyznaczono im rolę zewnętrznej i łatwo wymiennej **pamięci danych**.

Komputerowe dyskowne nośniki informacji nie będą tu omawiane, z wyjątkiem danych w tablicy *Etapy rozwoju*, zamieszczonej w zakończeniu.

Jeszcze inną formą egzystencji nośnika magnetycznego jest „karta magnetyczna“. Kilkucentymetrowy odcinek nośnika taśmowego został wstawiony do ochronnej, usztywniającej oprawy plastikowej, celem zapisania na nim (w postaci cyfrowego kodu) danych właściwych zastosowaniu karty. Stopniowo rozpowszechniły się więc karty identyfikacyjne, telefoniczne, płatnicze, bankomatowe i inne. Zasób danych jest zwykle niewielki, od dziesiątek do setek bitów. Trudno

tutaj omówić dzieje tej formy, jest to jednak nadzwyczaj **proste i efektywne wykorzystanie idei Poulsena**, przy czym w kształcie z czasów jej narodzenia.

UWAGI KOŃCOWE

W artykule nie omawiano zagadnień rejestracji sygnałów cyfrowych. Autor założył zakończenie opisu losów wynalazku Poulsena z rokiem 1980. Trzeba jednak wspomnieć o magnetycznym zapisie cyfrowym, bowiem jest to obecnie główny obszar badań, postępu i produkcji sfery informatyki. Przyczyną takiej sytuacji jest wszechobecność informatyki. Przetwarza ona „dane“, a głównymi narzędziami są **komputery**, których najcenniejszą część składową stanowią pamięci masowe (potrzeba ich kilka milionów rocznie)⁵⁰.

Niech kilka liczbowych wskaźników (przyjętych w informatyce) uzmysłowi czytelnikowi niezwykły postęp w tej dziedzinie. Ocenia się, że powierzchniowa **gęstość zapisu podwaja się co 2,5 roku**⁵¹ i obecnie osiąga już 1,2 Gb/cal² (czyli 1 bit na 3 μm²). Nowoczesny dysk HD o średnicy 3,5 cala zapisuje ≈3 GB (B=8 b) na stronę (FUJITSU, MPE306), a więc gęstość zapisu na ścieżkach osiąga FRPI~80000 oraz gęstość ścieżkowa TPI~10000.

Pokazane wskaźniki (tutaj wartości uśrednione) dają obraz niezwykłego postępu i rywalizacji technologicznej w tym obszarze zapisu magnetycznego.

W Instytucie Maszyn Matematycznych były prowadzone prace konstrukcyjne nad pamięciami bębnowymi⁵², jednak znacznie szybsze postępy zagraniczne w tej specjalizacji, wpłynęły na zrezygnowanie z tematyki.

Zgodnie z przyjętym założeniem, starano się tutaj wskazać na uczestnictwo polskiej nauki a także przemysłu (lata 1950–1980) w rozwoju wszystkich form zapisu magnetycznego, co z obecnej perspektywy zasługuje na właściwą ocenę i pamięć.

Ostatnie dwudziestolecie XX w. to w dziejach zapisu magnetycznego i idei V. Poulsena dominanta zastosowań informatycznych i wprowadzania nowych koncepcji zapisu informacji. Niestety, aspekt historyczny traci na atrakcyjności wobec zaistnienia „anonimowości“ postępu wynalazczego i inżynierskiego.

Autor, w związku z podjętą tematyką dziejów zapisu magnetycznego, czuje się zobowiązany do poinformowania o wydaniu obecnie w USA pracy zbiorowej stawiającej sobie zbliżony cel – upamiętnienie stulecia wynalazku V Poulsena⁵³.

KALENDARIUM WYDARZEŃ W DZIEDZINIE ZAPISU MAGNETYCZNEGO

Etap poszukiwania akceptacji i zastosowań

- 1888 Oberlin Smith publikuje („Electrical World“) ideę fonografu „elektrycznego“, w którym stosuje oddziaływanie prądu z obwodu telefonicznego na magnesowanie nośnika w postaci nici z implantowanymi opilkami ferromagnetycznymi; pomysłu nie potwierdzono doświadczeniem.
- 1898 Valdemar Poulsen uzyskuje duński patent (Nr. 2653) na „sposób oraz urządzenie do zapisu i odczytu dźwięku lub sygnałów“ z wykorzystaniem oddziaływań elektromagnetycznych na ferromagnetyczny nośnik oraz demonstruje skuteczność wynalazku.
- 1899 V. Poulsen zgłasza swój wynalazek do opatentowania w trzynastu krajach.
- 1900 V. Poulsen uzyskuje U.S. Patent 661,619, Nov.13.1900 na „sposób oraz urządzenie do zapisu i odczytu dźwięku lub sygnałów“ a także publikuje („The Electrician“ 46) opis metody i właściwego urządzenia *Telegraphophone* realizującego metodę zapisu magnetycznego.
- 1900 Pokaz *Telegraphophone* na Światowej Wystawie w Paryżu.
- 1903 Badania V. Poulsena nad prądem „podkładu DC“.
- 1903 Powstanie w USA organizacji American Telegraphone Company dla promocji i produkcji rejestratorów według patentu V. Poulsena.
- 1907/8 Dr Lee De Forest opracowuje i uzyskuje patent na trójelektrodową lampę elektronową i buduje wzmacniacz sygnałów elektrycznych *Audion*, który umożliwia wzmacnianie słabych sygnałów (także z *Telegraphophone*).
- 1907 Rozwój prac różnych konstruktorów nad doskonaleniem urządzeń do magnetycznego zapisu z wykorzystaniem nośnika drutowego.
- 1914 Początek wojskowych zastosowań rejestratorów magnetycznych do szybkiej radiotelegrafii oraz jako dyktafonów biurowych.
- 1915 George S. Tiffany uzyskuje US Patent 1,142,384 na udoskonalenia w urządzeniu typu *Telegraphophone*.
- 1920 Powstają pierwsze stacje radiofonii publicznej (*Broadcasting*).
- 1925 2 lutego nadano w Warszawie pierwszą **audycję** radiową.
- 1925 Podjęto prace konstrukcyjne (W. Brytania i Niemcy) nad udoskonaleniem i przystosowaniem rejestratorów magnetycznych (typy: Blattnerphone oraz Marconi – Stille) do zastosowań radiofonicznych, studyjnych.

1927 W.L. C a r l s o n oraz G.W. C a r p e n t e r uzyskują US Patent 1,640,881 na *Radio Telegraph System*, w którym dla poprawienia wierności magnetycznego zapisu sygnałów wprowadzają do obwodu zapisu ponadakustyczny sygnał – „podkład wysokiej częstotliwości“, który poprawia liniowość zapisu.

Etap zastosowań wyłącznie do rejestracji sygnałów akustycznych

- 1928 F r i t z P f l e u m e r uzyskuje patent (DRP 500900) na nowy nośnik magnetyczny: taśma z niemagnetycznym podłożem pokryta ferromagnetyczną warstwą proszkową (np. tlenki żelaza) usuwa wady jednorodnych nośników metalowych.
- 1930 Początek rozwoju w USA techniki i produkcji rejestratorów magnetycznych z nośnikiem drutowym dla celów wojskowych i cywilnych.
- 1932 Koncern niemiecki AEG uzyskuje patent (DRP 605152) na nośnik taśmowy, niejednorodny, z podłożem acetylocelulozowym i warstwą z karboonylku żelaza; wraz z BASF produkcja w skali przemysłowej.
- 1932 Pierwsza retransmisja przez BBC (przemówienie Jerzego V) audycji zarejestrowanej na rejestratorze Blattnerphone.
- 1934 Polskie Radio wprowadza do rozgłośni pierwsze rejestratory Marconi-Stille.
- 1935 AEG prezentuje na Wystawie Radiowej w Berlinie rejestrator do magnetycznego zapisu fonicznego *Magnetophone*, który w pełni wykorzystuje zalety nowej taśmy; upowszechnia się nazwa – **magnetofon**.
- 1938 K. N a g a i , S. S a s a k i i J. E n d ō publikują (*Institute of Electronics and Communication of Japan*) wyniki badań nad zastosowaniem podkładu ponadakustycznego do zapisu magnetycznego.
- 1938 Przemysł niemiecki wytwarza seryjnie (także przez okres wojny) nowe magnetofony z nośnikiem taśmowym dla potrzeb wojskowych i cywilnych (np. dla rozgłośni).
- 1941 H.J. B r a u n m ü h l oraz H. W e b e r wypracowują teoretyczne podstawy wzdłużnego zapisu magnetycznego z podkładem ponadakustycznym.
- 1946 Rozwój produkcji profesjonalnych magnetofonów studyjnych (stacyjnych) dla potrzeb radiofonii – wysoka jakości akustyczna i niezawodność eksploatacyjna (m.in. dla rozgłośni polskich).
- 1953 W.K. W e s t m i j z e publikuje pogłębioną analizę teorii zapisu magnetycznego („Philips. Res.Rep.“ 8).
- 1955 Rozpoczyna się ogólny rozwój produkcji i rynku taśmowych magnetofonów powszechnego użytku.
- 1958 Rozwój produkcji magnetofonów w Polsce.

Rozwój zapisu magnetycznego sygnałów szerokopasmowych – głównie TV

- 1935 Pierwsze w świecie emisje publicznej TV (BBC, Berliner TV).
- 1953 E. S c h ü l l e r (Telefunken A.G.) uzyskuje patent na helikalną, skośnościeżkową metodę zapisu sygnałów szerokopasmowych, np. wizji TV.
- 1953 Koncern RCA podejmuje próby rejestracji magnetycznej sygnałów TV.
- 1954 Ukazują się publikacje o możliwości rejestracji sygnałów wizyjnych.
- 1956 Koncern AMPEX, USA, prezentuje prototyp rejestratora sygnałów TV, **magnetowidu studyjnego VR-1000**, który doskonalony, będzie wzorcowym wyposażeniem stacji TV na całym świecie.
- 1958 Badania zapisu magnetycznego krótkotrwałych, szerokopasmowych sygnałów metodą wirującego nośnika (Instytut Chemii Fizycznej PAN).
- 1959 Japoński koncern Toshiba prezentuje własne rozwiązanie zapisu TV, wprowadzając **metodę helikalną** skośnie zapisywanych ścieżek na nośniku taśmowym o szerokości początkowo 2", później 1".
- 1963 Koncern Philips A.G. publikuje opis komercyjnego magnetowidu („Philips Techn. Rev.“**3**), który wykorzystuje metodę helikalną z opasaniem 353° i taśmą 1 cal, w 1964 r. w Berlinie demonstruje to urządzenie jako „video-recorder 3400“.
- 1964 Od tego roku liczne firmy z USA, Europy i Japonii rozwijają wielkoseryjne wytwarzanie magnetowidów „domowych“, gdy czynnikiem sprzyjającym staje się zastąpienie lamp elektronowych (od 1958 r.) podzespołami półprzewodnikowymi a magnetowid staje się lżejszy i tańszy.
- 1973 Przemysł polski podejmuje wytwarzanie magnetowidów typ MTV-10.
- 1974 Podobnie, jak w 1963 r., koncern Philips rewolucjonizuje konstrukcję magnetofonu przez wprowadzenie nośnika w kasecie, obecnie udaje się to zrealizować w nośnikach magnetowidów z taśmą 1/2 cala.
- 1977 Japońska firma JVC wprowadza na rynek magnetowid helikalny, cztero głowicowy, kasetowy, o parametrach przyjętych następnie przez innych producentów światowych i aktualnych do dzisiaj. System ten oznaczony VHS zaakceptowano normą nr 774 IEC w 1983 r.
- 1980 Producenci japońscy wprowadzają na rynek magnetowid helikalny nowej generacji: Hi8 (szerokość taśmy 8 mm), który stanowi do tej pory szczytowe osiągnięcie inżynierskie; doskonałe parametry i maksymalna miniaturyzacja umożliwiają szerokie zastosowania w zapisie fonii i wizji TV w fotokamerach (kamwidach –amatorskich kamerach TV).
- 1986 Rozpowszechnienie magnetowidów osiąga w świecie ok.100 mln.sztuk, w Europie 25 mln.sztuk, w Polsce przekracza 0,5 mln.sztuk i stale rośnie.

1986 Rozwój podstawowych i utylitarnych badań nad nośnikami magnetycznymi i głowicami pozwala na osiągnięcie granicznie dostępnych powierzchniowych gęstości zapisu magnetycznego, co umożliwia urzeczywistnienie magnetowidów systemu VHS i Hi8.

Zapis magnetyczny w pomiarach i automatyce (rejestracja danych)

- 1940 J.B. D a r r a g h opisuje („Aero Digest“, 9) zastosowanie rejestratora magnetycznego do badań w locie samolotu „Lockheed“; utrwalano sygnały drgań mechanicznych w szesnastu kanałach pomiarowych.
- 1945 Uwolnione od cenzury publikacje ujawniają rozwój zastosowań zapisu magnetycznego do celów rejestracji wyników pomiarów różnych parametrów w dziedzinie badań uzbrojenia. Powstają producenci specjalizujący się w budowie rejestratorów do badań obiektów latających, pływających i trudnodostępnych.
- 1945 Powstają pierwsze publikacje o wprowadzeniu przekształcania (kodowaniu) rejestrowanych sygnałów pomiarowych celem uzyskania żądanej precyzji zapisu, np. H.B. S h a p e r („Proc.IRE“, 33) wprowadza modulację częstotliwości (FM) w rejestracji krótkotrwałych naprężeń.
- 1947 Pierwsze doniesienia o zastosowaniu w zapisie magnetycznym modulacji impulsowej PCM.
- 1948 L.G. K i l l i a n opisuje („Electronic Ind.&Electronic Instr“, 4) rejestrator do pomiarów naprężeń w obiekcie w latającym wprowadzając 12 ścieżek z kodowaniem FM.
- 1950 Firma AMPEX Corp. ujawnia dane profesjonalnego, wielokanałowego rejestratora magnetycznego z kodowaniem FM i PPM, przeznaczonego do celów telemetrycznych. Od tego czasu szybko rozwijają się metody i techniki zastosowań pomiarowych zapisu magnetycznego.
- 1951 W Polsce przeprowadzono próby wykorzystania nośnika dyskowego do magnetycznego zapisu wzdłuż spiralnej ścieżki.
- 1954 Wzrost liczby publikacji dotyczących teorii i techniki zapisu sygnałów impulsowych (PCM, sygnały cyfrowe), np. A.S. H a o g l a n d („IBM J.Res and Develop.“, vol. 2).
- 1960 Pierwsze zastosowania zminiaturyzowanych rejestratorów magnetycznych do diagnostyki medycznej ruchowej (EKG Holtera, EEG, miografia).
- 1960 Rozwijają się wykorzystanie rejestratorów magnetycznych do programowania systemów sterowania automatycznego (głównie modulacja PCM).

- 1962 Badania polskie nad wykorzystaniem zapisu szerokopasmowego do rejestracji krótkotrwałych procesów w fotochemii.
- 1963 Wprowadzanie do lotnictwa cywilnego pokładowych rejestratorów parametrów lotu („czarna skrzynka“) przystosowanych do sytuacji awaryjnych.
- 1964 Zastosowanie magnetycznego rejestratora sygnałów wizji do przekazywania obrazów z sond kosmicznych (np. *Mariner IV*) z wykorzystaniem transformacji skali czasu 1000:1 przy retransmisji zapisów.

Zastosowanie zapisu magnetycznego jako pamięci masowych w informatyce

Niniejsze opracowanie nie obejmuje zagadnień zapisu cyfrowego jako istotnego składnika informatyki i sprzętu komputerowego (za wyjątkiem zestawienia danych o zapisie cyfrowym zawartych w Tabeli 1).

Tabela 1. Etapy rozwoju inżynierii urządzeń do zapisu magnetycznego

Etapy rozwoju	Okres lata	Nośniki	Liczba ścieżek	FRPI		Parametry wybranych urządzeń		
						Vz, m/s	B: [kHz]	TPI
Pierwsze zastosowania i rozpowszechnianie	1898	druk, stal.	1	65	1,5	0,1 - 4	-----	Stille/1930
	1835	taśma stal		75	2,0	0,1 - 6	-----	Blattnerphon/1932
Etap "analogowy" radiofoniczny	1936	taśmy magneto-	2	100	0,75	0,03 - 16	-----	EMI-BTR/1950
	1948	fonowe	4	200	0,38	0,03 - 12	1/16	"Melodia" /1959
Pierwsze zastosowania metrologiczne	1949	taśmy specjalne	do 100	≈ 200	-----	0 - 10	10 -	dane bibliograf.
	1955		14		6 szybk.	0,1 - 100	200	AMPEX,FR-100
Etap telewizyjny	1956	taśmy 1,2,4cale	2 + N	5000	38	0 - 6500	80	AMPEX,VR1000/56
	1965			12500	10	0 - 5000	300	j.w.RCA,PHILIPS/1965 ZRK,MTV50/1980
Początki zastosowań dla sygnałów cyfrowych	1955	taśmy, bębny, dyski	setki	50	50	-----	10	IBM-701/1958
	1960			160	20	-----	25	FERRANTI/1959
"kasetyzacja" fonii i wizji	1965	taśmy wg standardyz.	4	14000	0,048	0,02 - 16	-----	PHILIPS/1965
	1975		N	24000	8,0	0 - 5000	-----	JVC - VHS/1977
Magnetofon cyfrowy	1972	0,15 cala	40: S-DAT	62000		0,02 - 18	30	BBC,exp./1973

FRPI – liczba odwoń namagnesowania / 1 cal ścieżki, **TPI** – liczba ścieżek na 1 cal nośnika

Przypisy

¹ Rozwój i zasady inżynierii zapisu magnetycznego ujmują różne pozycje książkowe, m.in.: C.D. M e e : *The Physics of Magnetic Recording*. New York 1964, C.B. P e a r : *Magnetic Recording for Science and Industry*. New York 1967, C.E. L o w m a n : *Magnetic Recording*. New York 1972 oraz B. U r b a ń s k i : *Telewizja kasetowa*. Warszawa 1972 , t e n ż e : *Rejestracja sygnałów fonicznych*. Warszawa 1990.

² W ostatnich latach XIX wieku zapoczątkowane zostały nowe dziedziny techniki: uprzemysłowienie fonografii płytowej (E. Berliner, US Gramophone Co i inne), główna konkurencja dla V. Poulsena; kinomatografia (K. P r ó s z y ń s k i 1894, A. i L. L u m i è r e 1895); lotnictwo (W. i O. W r i g h t 1897–1903); silnik spalinowy (R. D i e s e l 1897).

³ A.G. B e l l – uczoney i wynalazca, m.in. telefonu (1876); po 20 latach istniały już sieci telefoniczne i lokalne centrale ręczne oraz połączenia kablowe, międzycentralowe i krajowe.

⁴ V. P o u l s e n : *The Telegraphone – a Magnetic Spech Recorder*. „The Electrician“ 1900 nr 46.

⁵ J.D. L i v i n g s t o n : *100 lat pamięci magnetycznych*. „Świat Nauki“ 1999 nr 1 s.76–81.

⁶ W pierwszym dwudziestoleciu XX w. fonografia płytowa osiągnęła światowe rozpowszechnienie; dobre jakościowo płyty wydają m.in.: Odeon Record, Victor, Pathé Feres, Deutsche Grammophone, His Master,s Voice, Gramophone Co.

⁷ M. L e e D e F o r e s t – uczoney amerykański, w latach 1907–1913 rozwija zastosowania swojej trójelektrodowej lampy elektronowej (m.in. wzmacniacz trójstopniowy *Audion*).

⁸ T e n ż e : *The Audion – Detektor and Amplifier*. „IRE Proc.“ 1914 nr 2 s.15–27.

⁹ Pomysł radionadawania publicznego zrodził się w Pittsburghu, gdzie nadano pierwszą audycję radiową skierowaną do publicznego odbiorcy (2.11.1920 r.); w 1922 r. w USA działało już 5 mln. odbiorników.

¹⁰ Pierwsze lata szybkiego rozwoju polskiej radiofonii opisuje M.J. K w i a t k o w s k i : *To już historia*. Warszawa 1973.

¹¹ W okresie początków radiofonii został już opanowany elektryczny zapis płyt (J.P. M a x f i e l d , 1924) oraz ich odczyt (adapter, VTM Comp. USA, 1926); powstają płyty długogrające (RCA, 1927 T.A. Edison); tworzy to konkurencję dla zapisu magnetycznego, lecz także jest źródłem programów dla radiofonii.

¹² Istotnym mankamentem była kruchość tego nośnika, trudność montażowego łączenia oraz waga szpul około 10 kg na 20 min. zapisu. W 1935r. PR używało 4 rejestratorów Marconi-Stille’a w 1938 r. – 6 szt. (3 komplety), wg. „Przegląd Teletechniczny“, z.11, s.352.

¹³ Stosowany drobnoziarnisty ferromagnetyk musiał spełniać wymagania magnetyczne, mechaniczne oraz strukturalne (niskoszumność w odczycie); początkowo stosowano czarny magnetyt, a od 1939 r, γ – tlenek żelaza i opanowano technologię produkcji wielkoseryjnej.

¹⁴ Dobrze zorganizowanemu wywiadowi technicznemu AK nie udało się zdobyć magnetofonu do planowanego usprawnienia pracy konspiracyjnej radiosieci – zob. K. M a l i n o w s k i : *Żołnierze łączności walczącej Warszawy*. Warszawa 1983. Opinia własna autora artykułu na podstawie opinii historyków. Sprawą wymagająca dalszego wyjaśnienia stanowi skonstruowanie w latach 1942–1944 w W. Brytanii przez inż. Lalewicza urządzenia do szybkiej radiotelegrafii i wykorzystanie w kraju, w maju 1944 (bliżej badał ten epizod mgr inż. K. Chołoniewski w latach 1980–1995); ten ważny wkład w łączność konspiracyjną nie mieści się jednak w dziejach zapisu magnetycznego; nie stwierdzono, czy chociaż po stronie odbiorczej stosowano nośnik magnetyczny. Jest jednak faktem wielostronne wykorzystanie przez stronę aliancką nośnika drutowego do szybkiej transmisji.

¹⁵ Wymiary nośników od 1957 r. podlegają normalizacji (Standardy IEC, zalec. OIRT nr 33): szerokości [mm] – 3,81 (compact), 6,30 oraz 8 (SONY TV), 12,65, 25,4, 50,8 (TV oraz zapis cyfrowy), szybkości przesuwu [cm/s] – 76,2, 38,1, 19,05, 9,5, 4,76, 2,38 (compact).

¹⁶ Od lat 50. dążono w radiofonii do proponowania coraz doskonalszych form wyrazu jak: słuchowiska, dydaktyka wzbogaćca tłem muzycznym, retransmisje. Wcześniejsze dopracowanie nagrań pozwalało na lepsze gospodarowanie czasem „antenowym”; emisja bezpośrednia zmalała stopniowo do kilkunastu procent całości programu.

¹⁷ Słowo „fonografia“ odnosi się tutaj do utożsamiania magnetycznego zapisu dźwięku z fonografią magnetyczną jako nowej alternatywy dla zapisu mechanicznego, płytowego.

¹⁸ W latach powojennych radiofonia dysponowała doskonałymi już akustycznie mikrofonami jak: mikrofon dynamiczny, wprowadzony przez A. D. B l u m l e i n a (1930) oraz pojemnościowy ze wzmacniaczem elektrometrycznym – Western Electric Co (1926) i Telefunken (1930); przenosiły one pasmo częstotliwości od 0,03 do 10 kHz z poziomem szumów własnych niższym około 100.000 razy od wytwarzanego sygnału akustycznego (jakość nieosiągalna w ówczesnych magnetofonach).

¹⁹ W 1957 r. Westrex Co. oraz Audio Fidelity Co. wprowadzają na rynek płyty stereofoniczne, a wkrótce Fairschild Co. dostarcza przetwornik-adapter stereo; magnetofony muszą więc dostosować się do tego faktu.

²⁰ R. W a j d o w i c z : *Polskie osiągnięcia w dziedzinie zapisu i odtwarzania dźwięku do 1939 r.* Wrocław 1962 .

²¹ E. K o p r o w s k i : *Głowice magnetofonowe*. Warszawa 1963.

²² J. L i s s o w s k i : *Taśma magnetyczna*. W: *Vademecum Techniki: magnetowidy, kamwidy, dyskowidy*. Warszawa 1992 s.75–90.

²³ M 171 to jednościeżkowy magnetofon profesjonalny, stacyjny: nośnik 6,30 mm, szybkości przesuwu w cm/sek.: 38,1, 19,05 i 9,53, nierówności przesuwu 0.15%, pasmo przenoszenia 0.04 do 16 kHz przy poziomie szumów (była o tym mowa w¹⁸) 1/1000.

²⁴ Skalę produkcji magnetofonów podają roczniki GUS:dział – Przemysł (w tys.szt.): 1960 – 7, 1962 – 24, 1964 – 30, 1968 – 38, 1970 – 180, 1972 – 370, 1976 – 610, 1980 – 800, 1985 – 320, 1990 – 108, 1992 – 50.

²⁵ Idea ta została wykorzystana w zbudowanych przez firmę ELEKTROMATYKA (konstruktor M. Kruszyński) stacyjnych „magnetofonach płytowych“; w latach 50 firma Westinghouse produkowała dyktafony z magnetyczną płytą rowkową.

²⁶ M. K o m i n e k : *Zaczął się od fonografu*. Kraków 1986, cz.I.

²⁷ Dydaktycy podkreślają znaczenie środków audiowizualnych w nauczaniu różnych przedmiotów; magnetofon umożliwia zaprezentowanie wartościowych audycji nagrywanych z oświatowych programów radia, np.w: W. M i c h a j ł o w (red.): *Metodyka nauczania biologii w szkole ogólnokształcącej*. Warszawa 1969 s.320–328.

²⁸ Poznańscy etnomuzykolodzy utworzyli w Poznaniu w 1946 r. grupę badawczą, której celem było utrwalenie ginących wartości kultury w wybranych regionach. Po dołączeniu Polskiego Radia, sesje wyjazdowe trwały do 1955 r. Stosując magnetofony półprofesjonalne, nagrano prawie 1500 taśm. Pod opieką Instytutu Sztuki PAN udokumentowano około 125.000 pozycji, co stanowi ważny wkład do naszej kultury. Por. D. D a h l i n g : *Zbiory fonograficzne IS PAN*, „Twórczość Ludowa“, nr 4,1999.

²⁹ Studio eksperymentalne Polskiego Radia powstało z inicjatywy prof. J. Patkowskiego i inspirowane było jego pracami nad muzyką elektronową i środkami „syntezy“; m.in. W.Kotoński w swojej twórczości stosował takie środki wyrazu.

³⁰ Radiotelemetria stanowi dział metrologii posługujący się metodami i środkami telekomunikacji celem przesyłania wyników pomiarów; por. C.B. P e a r : *Magnetic Recording in Science and Industry*. New York 1967; także J. K o s z e w s k i : *Rejestracja magnetyczna informacji pomiarowych*. „Transmisja Danych“ z. 14, W-wa 1962.

³¹ Określenie „pętlicowe“ pochodzi od zasadniczego elementu mikrogalwanometru pomiarowego – lusterka zawieszono w polu magnetycznym przy pomocy sprężystych doprowadzeń (pętliczki); duża czułość i szybkość zapisu, do 10 kHz.

³² O wczesnym zainteresowaniu magnetofonami pomiarowymi (instrumentalnymi) świadczyła narastająca liczba publikacji w dziedzinie metrologii; por. L.L. F i s h e r : *A Magnetic Recording System for Precision Data*. „IRE Natl.Conv.Record“ 1953 cz.1 s. 66; także S.J. B e g u n : *Magnetic Tape Improves Geophysical Recordings*. „Electronics“ 1955 vol. 29 s.152.

³³ Autor tego artykułu zajmował się problemami radiotelemetrii lotniczej. Zbudowany system RTUP-57 zawierał łącze ultrakrótkofalowe 400 MHz i układy kodowania PDM, dzięki czemu było możliwe przesyłanie N kanałów po pojedynczym łączu; zastosowana zasada „karuzeli“ to kolejne, cykliczne przekazywanie danych i synchroniczne rozdzielenie z częstotliwością 200 Hz. J. K o s z e w s k i : *Urządzenie do magnetycznej rejestracji sygnału telemetrycznego*. TTWL Warszawa 1959.

³⁴ J. K o s z e w s k i : *Ocena ograniczeń zapisu magnetycznego*, „Informator Prac Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych“ 1963 nr 10 s.121–138; także P.E. A x o n : *Instrumentation Magnetic Recording*, „J.Brit.IRE“ 1960 vol.20 nr 10 s.235.

³⁵ Konstrukcja firmy Davall and Sons,USA.dane z 1965 r.

³⁶ Seria sond kosmicznych „Mariner“ dokonywała w latach 1962–1972 obserwacji satelitów słońca; *Mariner IV* był wysłany w listopadzie 1964 r. Specjalistyczne rejestratory wykonał Raymond Eng. Lab. Corp. (Middletown USA).

³⁷ R. Piotrowicz: *Technika badania holterowskiego* (praca doktorska), 1972; N.A. Holter: *New Method for Heart ECG*, "Science" 1962, nr 134, s. 1214; także doświadczenia własne autora.

³⁸ Stosowany tak wolny przesuw nośnika kasetowego, niezgodny z przyjętymi normami dla kaset, wynika z wąskiego pasma sygnałów EKG: 0–200 Hz.

³⁹ Liczni specjaliści badali warunki zapisu TV, por. O. Schmidbauer: *Die Aufzeichnung von Fernsehsignalen auf Magnetband*, „Funk-Technik“ 1956 nr 4; P. Neidhardt: *Die Grenzen der magnetischen Bild-Direktaufzeichnung*, „Funk-Technik“ 1956 nr 22.

⁴⁰ Firmy amerykańskie (AMPEX, RCA i inne) szybko doskonały pierwotny model, dostosowując się do wymagań profesjonalnych, studyjnych TV.

⁴¹ Prace nad profesjonalnym magnetowidem studyjnym trwały prawie 7 lat. Prowadzono je w Zakładzie Zapisu Magnetycznego przy współpracy specjalistów: mechaników precyzyjnych, automatyków i elektroników (A. Kosiński, E. Koprowski, M. Lipiec, Z. Witkowski i inni); prototyp oznaczono symbolem MW 623, później MW 700C.

⁴² Zalety systemu helikalnego docenili liczni producenci urządzeń elektronicznych i podjęli opracowanie i wytwarzanie magnetowidów nieprofesjonalnych (lecz tańszych); według F.T. Bakers, J.H. Wessels: *An Experimental Apparatus for Recording Television Signals on Magnetic Tape*, „Philips Techn.Rev“ 1962/63 nr 3; Philips Corp.: *Video-Recorder-3400*. „Funk-Technik“ 1964 nr 18; AMPEX Corp.: *Video-Recorder“VR 7003, VR 5103*, „Funk-Technik“ 1969 nr 20.

⁴³ Z.R. Grabowski, J. Koszewski: *Rapid Scanning Spectrophotometry*, „ACTA IMECO“ 1969 PO-155 s. 125–136.

⁴⁴ G. Schmidt: *Magnetische Zeitlupengeräte*, „Funk-Technik“ 1969 nr 21; autor podaje, że firma Siemens wprowadziła w 1964 r. podobne urządzenie do rejestrowania pojedynczych obrazów TV (tzw. „obraz zatrzymany“).

⁴⁵ Oficjalne doniesienie o wynalazku systemu kasetowego zawiera K.H. Geisthardt: *Taschen-recorder-3300*, „Funk-Technik“ 1964 nr 5; zademonstrowano na Wystawie Radiowej w Berlinie, 1963. Decydująca była tutaj postępująca miniaturyzacja w elektronice.

⁴⁶ Kasyety Compact (CC) są znormalizowane w skali międzynarodowej postanowieniem IEC, publikacja 94 część 7 z 1986 r.

⁴⁷ Grubości taśm zmniejszono do 18, 12 i 9 μm (daje to rosnące czasy zapisu).

⁴⁸ Historię powstania minimagnetofonu (w wersjach zapis-odczyt lub tylko odczyt) *Walkman* podaje jubileuszowy katalog firmy SONY wydany na dwudziestolecie powstania (1979) tego urządzenia.

⁴⁹ B. Urbaniński: *Rejestracja sygnałów wizyjnych*. Warszawa 1982.

⁵⁰ L. Buczyński: *Komputerowe nośniki informacji*. Warszawa 1999.

⁵¹ Tamże, s. 55–64.

⁵² Informacje uzyskane z relacji ustnych osób pracujących w dawnym Zakładzie Aparatów Matematycznych (później Instytut Maszyn Matematycznych).

⁵³ E.D. Daniel, C. Denis Mee, M.H. Clark: *Magnetic Recording; the first 100 Years*. New York 1999, IEE Press.

Aneks A

Zgodnie z założeniem przyjętym w artykule, ocena jakościowa stanu rozwoju dziedziny zapisu magnetycznego wymaga wybrania możliwie **reprezentatywnej miary** postępu, np. jednego z parametrów jakościowych. Tylko niektóre z nich są dostatecznie uniwersalne i wolne od związku z określonym zastosowaniem zapisu magnetycznego.

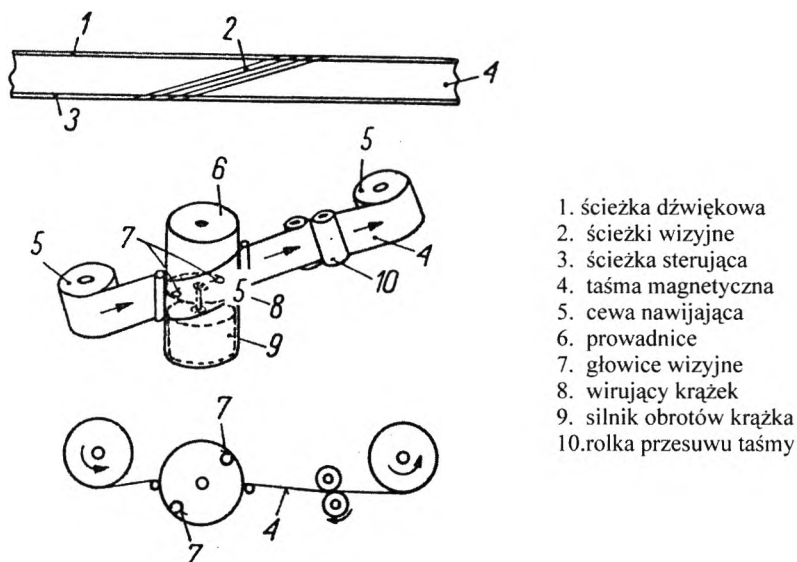
Główne parametry procesu zapisu są właściwie prostą konsekwencją schematu na rys. 3, a więc są to: wymiary nośnika i zapisywanej na nim ścieżki, szybkość zapisu (jest to szybkość względem nośnika ruchu głowicy po ścieżce), wielkość **I min**, szerokość szczeliny głowicy oraz gęstość zapisu.

Gęstość zapisu sygnałów na nośniku magnetycznym jest reprezentatywnym parametrem i może być miarą postępu. Przedział **I min** oznacza najkrótszy, rozróżnialny przy odczycie, odcinek (śląd) namagnesowania nośnika.

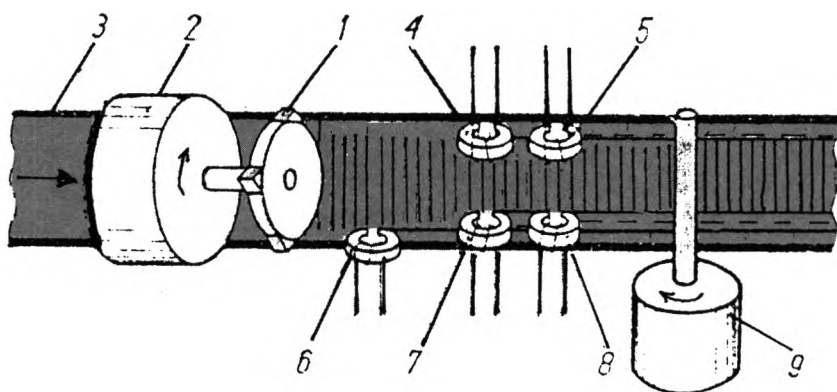
Gęstość liniową zapisu wyraża się liczbą **I min/1cm** ścieżki. Wobec tradycji stosowania w tej dziedzinie **cali** jako jednostki długości, gęstość zapisu określa parametr **FRPI**, który oznacza maksymalną liczbę odwróceń strumienia na 1 cal ścieżki (*flux reversal per inch*). Można się też spotkać ze symbolem **FCI** (*flux change per inch*) oraz **TPI** (*tracs per inch*), który oznacza liczbę ścieżek na 1 cal szerokości nośnika. Ponadto, przy zapisie sygnałów fonicznych i wizyjnych, ważne jest **pasmo częstotliwości** osiągnięte w procesie rejestracji (tutaj wyrażane w kHz).

Aneks B

Główna trudność magnetycznego zapisu sygnału wizyjnego polegała na konieczności osiągnięcia 200–300 razy większego zagęszczenia zapisu w stosunku do gęstości zapisu sygnałów akustycznych. Wynika to z prostego faktu, że sygnał TV zawiera informację o jaskrawości 520.000 punktów obrazu, odbieranego 25 razy na sekundę (odpowiada to częstotliwościom: 0–6,5 MHz). Takich gęstości i częstotliwości nie osiągała ówczesna inżynieria zapisu. Konieczne więc było znalezienie zupełnie nowych rozwiązań. Oto ich istota (por. też rys.11): **a** – nadanie głowicom zapisująco-odczytującym bardzo szybkiego ruchu w stosunku do nośnika, co daje potrzebną szybkość zapisu (38 m/s). Realizuje to szybko wirująca tarcza (250 obrotów/sek.), z umieszczonymi na jej obwodzie czterema głowicami (już Poulsen w 1900 r. przemieszczał głowice względem nieruchomego nośnika); **b** – nietypowe wykorzystanie powierzchni nośnika (taśma o szerokości 50,8 cm) poprzez „**wierszowy**“ zapis, **poprzeczny do ruchu taśmy**, ze znacznym zagęszczeniem ścieżek (z odstępem 0,25 mm), co dopuszczało niewielką szybkość przesuwu taśmy (38 cm/s) i pozwalało na 60 minut rejestracji programu TV; **c** – wykorzystanie krawędzi taśmy do ulokowania tam ścieżek wzdłużnego zapisu sygnału fonii TV oraz zapisu impulsów umożliwiających



Ryc. 11. Schemat układu rejestracji sygnałów telewizyjnych według metody AMPEX(1956):



Ryc. 12. Schemat układu helikalnej metody zapisu TV według firmy Toshiba (1960);
nośnik taśmowy(12,7 mm), szybkość przesuwu taśmy (pierwotnie) – 38 cm/s,TPI=300.

proces synchronizacji tarczy głowicowej z rytmem analizy obrazu TV. Warunkiem powodzenia tej metody było opanowanie technologii dostosowujących głowice i nośnik do **rejestracji częstotliwości z zakresu MHz**.

Nie był to jedyny sposób zagęszczenia zapisu na nośniku i wkrótce pojawiły się inne rozwiązania (por. Aneks C).

Aneks C

Metoda helikalna magnetycznego zapisu sygnałów TV (firma Toshiba) z założenia upraszczała najtrudniejszy technologicznie zespół głowicowy metody AMPEX-a. Najważniejszą racjonalizację stanowi **skośnościeżkowe wykorzystanie powierzchni**, znacznie węższego niż poprzednio, nośnika taśmowego.

Zgodnie z załączonym rys. 12, taśma opasuje walec, który składa się z dwóch części. Górna część tworzy zespół wirujących głowic (w różnych rozwiązaniach: 1, 2 lub 4 głowice), napędzany silnikiem ze stabilizowaną prędkością 25 obrotów/sek. Na dolnej, nieruchomej części walca znajduje się spiralnie ułożona podpora dolnej krawędzi taśmy. W związku z tym, że wirnik głowicowy powoduje styk głowicy z taśmą dokładnie przez $\frac{1}{50}$ sek., na każdej skośnej ścieżce jest zapisany pełny półobraz wizyjny (synchronicznie z „ramką“ TV). Praca takiego zespołu jest bardziej stabilna i prostsza w eksploatacji. Sygnały fonii i synchronizacji zapisywane są na ścieżkach wzdłuż krawędzi taśmy.

Metoda helikalna upowszechniła magnetowidy produkowane przez wiele firm światowych. Doskonalone przez ostatnie dwudziestolecie, doprowadziły do zadziwiającej ich miniaturyzacji przy wysokiej jakości rejestracji. Opracowany w Japonii system **Video 8 mm** stosuje nośnik o szer. 8 mm (w kasecie), szybkość przesuwu nośnika – 20 mm/sek., czas zapisu – 1,5 h, szybkość zapisu – 3,12 m/s (wynika stąd $FRPI \cong 51.000$). Takie wyniki można było osiągnąć dzięki nowym technologiom taśm i głowic.

Józef Koszewski

VALDEMAR POULSEN (1869–1942) AND HIS CONTINUATORS

The article is a review of the most important events from the history of magnetic recording starting with the invention of this method by V. Poulsen in the beginning of the century, and ending in the 1980s. The convention of the article, having a limited capacity, demanded a concise description of the different stages of development connected with the main application of the invention: the radio (acoustics), television and meteorology. The usage of Poulsen's achievements in modern informatics was not discussed in the article. A special attention was made to the domestic output.

All crucial details concerning the usage of magnetic recording is available in the annex.