

W kręgu zakładów AVA

mgr inż. Krzysztof Dąbrowski

Bundesrechenzentrum
Austria

w: Polska myśl techniczna w II wojnie światowej w 70 rocznicę zakończenia działań wojennych w Europie. Materiały pokonferencyjne. Centralna Biblioteka Wojskowa, ISBN 978-83-63050-28-3, Warszawa 2015, s.117- 126

Artykuł opisuje osiągnięcia polskich konstruktorów skupionych wokół warszawskiej „Wytwórni Radiotechnicznej AVA”. Zatrudnieni w niej wynalazcy mieli istotny udział w wytworzeniu polskich kopii „Enigmy”, jak również w opracowaniu szeregu radiostacji wojskowych oraz konstrukcji laryngofonów. Prowadzili również prace nad rozpraszaniem widma sygnału radiowego.

Wynalazki są przeważnie wynikiem kumulacji wiedzy i doświadczenia wielu ludzi i ich wysiłków podejmowanych na przestrzeni dłuższego czasu. Dlatego też omawiając polski wkład w zwycięstwo w II wojnie światowej, trzeba przyrzeć się czasom ją poprzedzającym i powstałym wówczas rozwiązaniom technicznym. Dobrym przykładem może tu być „Wytwórnia Radiotechniczna AVA”.

Historia i ludzie

Z założonej w 1926 roku przez Ludomira Danilewicza niewielkiej Wytwórni Aparatów Elektrycznych „Dacho” oraz z warsztatu radiowego założonego w 1927 roku przez Edwarda Fokczyńskiego, powstała w 1928 roku Wytwórnia Radiotechniczna AVA. Do jej założycieli należeli bracia Danilewiczowie: Ludomir i Leonard, Antoni Palluth, pracownik Oddziału II Sztabu Generalnego WP¹ i Edward Fokczyński, a głównym konstruktorem urządzeń radiowych (głównym inżynierem) został Tadeusz Heftman. Na początku realizowała ona zamówienia radiostacji dla II Oddziału SG. AVA produkowała także odbiorniki specjalne i rezonatory kwarcowe.

Ludomir Danilewicz zwrócił na siebie uwagę II Oddziału jako uzdolniony konstruktor z talentami matematycznymi. Już w czasie studiów pasjonował się elektrotechniką i radiotechniką. Jego młodszy brat Leonard Stanisław był bardzo uzdolnionym specjalistą z dziedziny radiotechniki.

Zakłady AVA powstały i rozwinęły się dzięki pomocy finansowej Oddziału II. Jednym z ich dyrektorów był pracownik II Oddziału – Biura Szyfrów – Antoni Palluth. Zajmował się kryptologią, w tym również sprawą „Enigmy”. Zorganizował na przełomie 1928/29 kurs kryptologii dla matematyków w Poznaniu i współpracował z najzdolniejszymi spośród jego uczestników: Marianem Rejewskim, Jerzym Różyckim i Henrykiem Zygalskim.

¹ 28 grudnia 1928 roku przemianowany na Sztab Główny Wojska Polskiego.

Tadeusz Heftman był bardzo uzdolnionym konstruktorem radiostacji i odbiorników w okresie międzywojennym i w czasie wojny, a po wojnie założył w Wielkiej Brytanii przedsiębiorstwo British Communication Corporation, które później połączyło się z firmą Racal.

Tadeusz Kopaczek był również konstruktorem sprzętu nadawczo-odbiorczego. Był znany m.in. z konstrukcji radiostacji dla Korpusu Kadetów we Lwowie. Ta ćwiczebna radiostacja nadawała audycje radiowe na falach krótkich. Kopaczek, uwięziony przez Niemców w czasie II wojny światowej, po powrocie do Warszawy z obozu w Auschwitz, założył na Pradze laboratorium i biuro konstrukcyjne przyrządów pomiarowych i choć w 1954 roku opuścił Polskę, jego firma „Invar” była już tak duża, że stała się załącznikiem zakładu ZOPAN, będącego jednym z najlepiej zaprojektowanych zakładów przemysłu elektronicznego. Wytwarzano w nim precyzyjną elektroniczną aparaturę pomiarową.

Edward Fokczyński kierował zespołem wykonującym próby „Enigm”, ale uczestniczył także w procesie konstrukcyjnym.

Według raportu płk. dypl. Heliodora Cepy (w latach 1934-1939 dowódcy Wojsk Łączności Ministerstwa Spraw Wojskowych) i wspomnień Mariana Rejewskiego, AVA zajmowała się produkcją sprzętu radiowego na zlecenie wojska.

Stan zatrudnienia przed wojną przekraczał 100 osób, była więc AVA wytwórnią niedużą, dla porównania Państwowe Zakłady Tele- i Radiotechniczne (PZTiR) zatrudniały tuż przed wojną około 3300 osób.

Po wybuchu wojny pracownicy zakładów wraz z najważniejszą dokumentacją zostali ewakuowani, a sam zakład został celowo zbombardowany przez Niemców 3 września 1939 roku. Od razu po wkroczeniu do Warszawy Niemcy poszukiwali Ludomira Danilewicza. W czasie okupacji Niemcy kontynuowali działalność zakładu pod nazwą Brunn Werke.

Już po przejściu AVY przez Niemców, polskie podziemie uratowało kilka prototypów radiostacji wywiadowczej (jeden był nie w pełni sprawny) i wiele podzespołów radiotechnicznych, w tym lampy. Zdobyte radiostacje służyły do łączności wewnętrznej.

Sprawa „Enigmy”

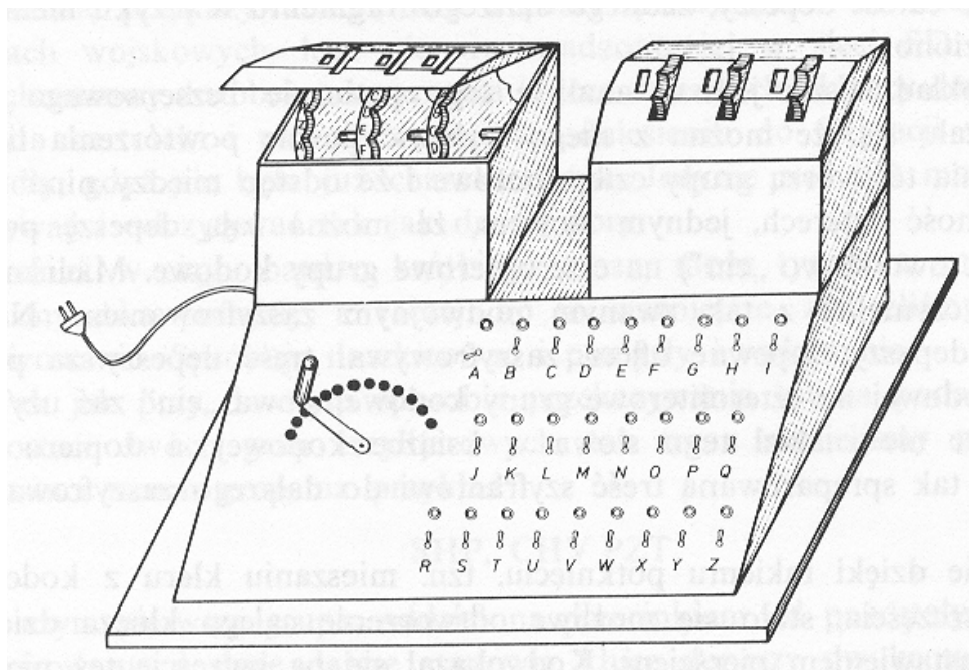
Na podstawie przechwyconej przez polską służbę celną w Warszawie handlowej wersji „Enigmy”, Ludomir Danilewicz w ciągu dwóch dni i nocy sporządził dokumentację konstrukcji wystarczającą do skonstruowania jej pierwszej kopii. Według wspomnień żony – Marii Danilewicz – był to koniec 1927 roku lub początek 1928 roku. Kopię tę wykorzystano do prowadzenia w połowie 1928 roku – nieudanych – prób dekodowania depeš niemieckich.

W 1933 roku, na zamówienie i według projektu Mariana Rejewskiego, AVA wyprodukowała następne kopie – razem 15 sztuk. Kopie nosiły oznaczenie Lacida (LCD) od nazwisk ppłk. dypl. Gwido Langer, kpt. Maksymiliana Ciężkiego i Ludomira Danilewicza. Marian Rejewski w swoich wspomnieniach podaje też oznaczenie

LCP – gdzie ostatnia litera pochodziła od nazwiska Pallutha. Konstruktorem części elektrycznej i mechanicznej był Ludomir Danilewicz.

Do 1934 roku wykonano 15 kopii, a do sierpnia 1939 roku – około 70. Według wspomnień Mariana Rejewskiego we Francji zbudowano kilka sztuk „Enigm” na podstawie rysunków wykonanych przez pracownika AVY (nie podaje jego nazwiska).

Urządzenie do znajdowania połączeń na łącznicy i katalogowania cykli zwane cyklometrem (rys. 1) powstało w 1936 roku (według innych źródeł już w 1934 lub 1935 roku), po zwiększeniu z 5 do 8 liczby modyfikowanych liter. Cyklometr konstruowany w zakładach AVA składał się dwóch zestawów bębneków – drugi z nich był przesunięty w stosunku do pierwszego oraz z zestawu żarówek i przełączników z zasilaniem.

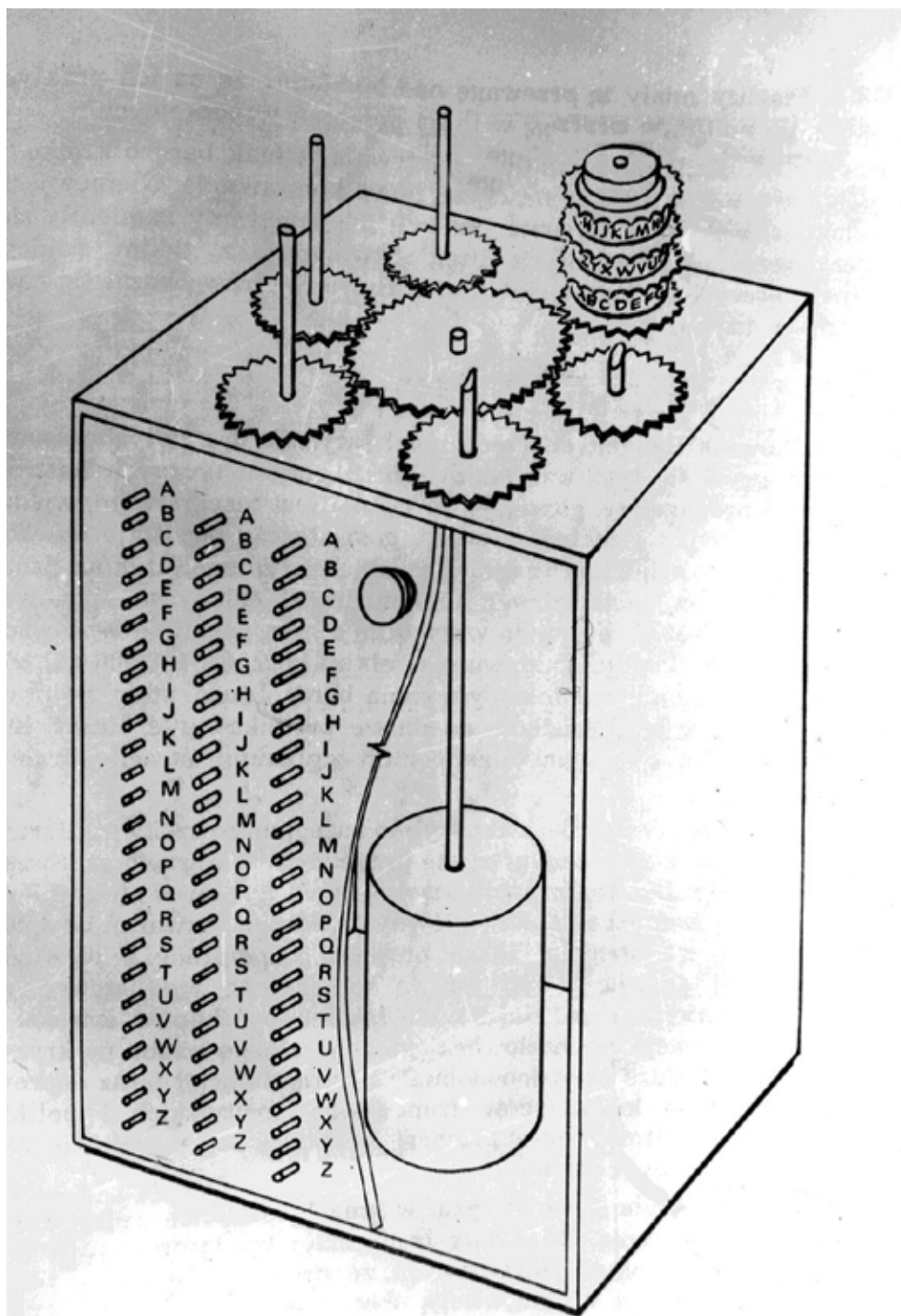


Rys. 1. Cyklometr

Źródło: *Jak matematycy polscy rozszyfrowali Enigmę*, Marian Rejewski, Roczniki Polskiego Towarzystwa Matematycznego – Wiadomości matematyczne XXXIII (1980); „L'Enigma polonaise en Résistance à Uzès 1940–1942”, Jean Medrala, materiały z konferencji z 12 kwietnia 2008, SHLP, Paryż; Wikipedia.

Według wspomnień Mariana Rejewskiego, był to wspólny pomysł matematyków, częściowo przynajmniej oparty na metodzie zegarowej Jerzego Różyckiego.

Po zmianie sposobu przekazywania kluczy depesz, od 15 września 1938 roku, powstała tzw. bomba kryptologiczna (rys. 2). Bomba zawierała zestaw bębneków sześciu „Enigm”. Na podstawie projektu opracowanego przez Mariana Rejewskiego AVA skonstruowała w listopadzie 1938 roku 6 takich bomb kryptologicznych.



Rys. 2. Bomba kryptologiczna

Źródło: <http://www.courrierpologne.fr/enigma-les-mathematiciens-polonais>; Wikipedia.

Bomby kryptologiczne zapewniały rozpoznanie klucza nieraz w ciągu dwóch godzin, a w niektórych przypadkach – nawet tylko 20 min. Marian Rejewski we wspomnieniach twierdził, że była to zasługa Antoniego Pallutha. Później powstały słynne arkusze Henryka Zygalskiego. W grudniu 1938 roku, gdy Niemcy zwiększyli liczbę bębneków do 5, AVA dodała je do pracujących maszyn. Od 1 listopada 1938 roku liczba połączeń została zwiększona do 10.

Bomba kryptologiczna AVY była elektromechanicznym prototypem współczesnych komputerów, ale nie była jednak jeszcze komputerem. Bardziej zbliżone do komputerów były konstruowane w Wielkiej Brytanii w czasie wojny bomby kryptologiczne Alana Turinga. Na rys. 2 widoczny dla większej przejrzystości jest tylko jeden zestaw wirników.

Łączności z rozpraszaniem widma

W 1929 roku Leonard Danilewicz opracował zasadę łączności z rozpraszaniem widma sygnału za pomocą kluczkowania (czyli rytmicznej zmiany) częstotliwości nadawania i zaprojektował aparat do tego celu². Sztab Główny WP nie zainteresował się praktycznym wykorzystaniem metody, ale przyznał Danilewiczowi 5000 zł dotacji na dalsze prace i wykonanie prototypu. Zaletami takiego systemu była zwiększona odporność na zakłócenia i łatwość ukrycia transmisji, co zapewniało dodatkowy stopień trudności w deszyfracji. Pomysł rozpraszania widma sygnału był na tyle nowatorski, że nie tylko Sztab Główny WP nie zdecydował się go wykorzystać.

W 1940 roku kompozytor George Antheil i austriacka aktorka rodem z Wiednia Hedwig Ewa Maria Kiesler (znana pod pseudonimem filmowym Hedy Lamarr), opracowali w Stanach Zjednoczonych zasadę łączności z kluczkowaniem częstotliwości (jedną z metod rozpraszania widma) i złożyli wniosek patentowy – z myślą o sterowaniu torpedami. Patent nr 2 292 387 otrzymali w 1942 roku, ale USA nie wykorzystywały tego pomysłu w czasie wojny.

Dopiero po wojnie zasada łączności z rozpraszaniem widma znalazła zastosowanie wojskowe. Opracowano też teorię kodów pseudoprzypadkowych i kilka innych sposobów rozpraszania widma sygnału.

Obecnie rozpraszanie widma jest szeroko stosowane w urządzeniach powszechnego użytku – w bezprzewodowych sieciach komputerowych (domowych) WiFi, Bluetooth, telefonach komórkowych itp.

² W. Kozaczuk, „Enigma”, wyd. 1984, s. 27.

Radiostacje dla wywiadu i konspiracji

Na potrzeby wywiadu krótko przed wybuchem wojny w zakładach powstała krótkofalowa radiostacja telegraficzna „KP 10W” o zakresie częstotliwości 3-9 MHz, zasięgu 35-100 km, wymiarach 300 x 200 x 60 mm i masie około 2 kg. Jej pierwsze 4 egzemplarze zostały dostarczone armii w maju 1939 roku. W skład radiostacji skonstruowanej przez Tadeusza Heftmana wchodziły nadajnik, odbiornik, słuchawki, klucz telegraficzny, antena i źródło zasilania. Jej dokumentacja i prototyp zostały przez niego wywiezione we wrześniu 1939 roku do Francji i potem do Anglii.

Stosunkowo szybko opracowana przez Heftmana na emigracji konstrukcja radiostacji A1 („pipsztoka”) i udoskonalonych A2, A3 wskazuje, że opierał się on na konstrukcji radiostacji wywiadowczej AVY.

Można zauważyć pewne podobieństwa do konceptu A1, wymiary są nawet zbliżone, ale różnią się wyraźnie wagą. A1 była radiostacją zrzutową, a więc wymagała solidniejszej konstrukcji. Od radiostacji do tych zastosowań wymagano, oprócz dobrych parametrów elektrycznych i solidnej konstrukcji, także łatwości obsługi – nie wymagającej długiego przeszkolenia operatora.

Radiostacje morskie i lotnicze

AVA wyprodukowała wyposażenie radiowe dla niszczycieli „Wicher”, „Grom”, „Burza”, „Błyskawica” i okrętów podwodnych „Orzeł” i „Sęp”. Z raportu płk. dypl. Heliodora Cepy (przedwojennego dowódcy Wojsk Łączności) wynika, że mogły one nosić oznaczenia MP (radiostacje), MG (goniometry), PO (radiostacje – dawniejsze modele).

Oprócz tego produkowane były radiostacje lotnicze N2L/O (następcy RKL/D). Według raportu płk. dypl. Heliodora Cepy AVA miała, jako zakład o kapitale czysto polskim (i związany z II Oddziałem), zwiększyć produkcję i znaczenie, miała się również specjalizować właśnie w radiostacjach lotniczych. Do wybuchu wojny została wyprodukowana partia 200 radiostacji N2L/O.

Radiostacje lotnicze były po raz pierwszy zasilane prądem zmiennym, a nie stałym. Już w poprzednich rozwiązaniach Państwowej Wytwórni Łączności – RKL/D – (a także w niektórych zastosowaniach cywilnych) prądnica była napędzana samoregulującym się śmigiełkiem (z samoczynną regulacją obrotów), wynalezionym w latach dwudziestych przez Stefana Drzewieckiego.

Sprzęt ten był wykorzystywany w mniejszym lub większym stopniu, ale i tak z wiadomych względów w zbyt małym zakresie, w czasie kampanii wrześniowej.

Prace z innych dziedzin

Prace nad laryngofonami są kolejnym przykładem dowodzącym, że AVA zajmowała się szerszą problematyką związaną z łącznościami lotniczymi, a nie tylko samymi radiostacjami.

Laryngofony są mikrofonami umieszczanymi w pobliżu krtani dla wyeliminowania silnego hałasu uniemożliwiającego łączność, a więc np. huku silników samolotowych. Ciało ludzkie zniekształca dźwięk tłumiąc jego składowe o wyższych częstotliwościach, dlatego konieczna jest korekcja charakterystyki częstotliwościowej.

W laryngofonie elektromagnetycznym opatentowanym przez zakłady AVA (Rys. 3) wykorzystano do tego celu rezonans membrany. Rezonans ten powinien leżeć w zakresie 700-3000 Hz, optymalną wartością jest 1500 Hz. W mikrotelefonie zawierającym podwójny laryngofon (stosowanym w radiostacjach RKL/D) występują dwie częstotliwości rezonansowe 1 i 2,5 kHz. Wniosek patentowy został złożony w 1937 roku, a patent nr 28 638 – udzielony w 1939 roku.

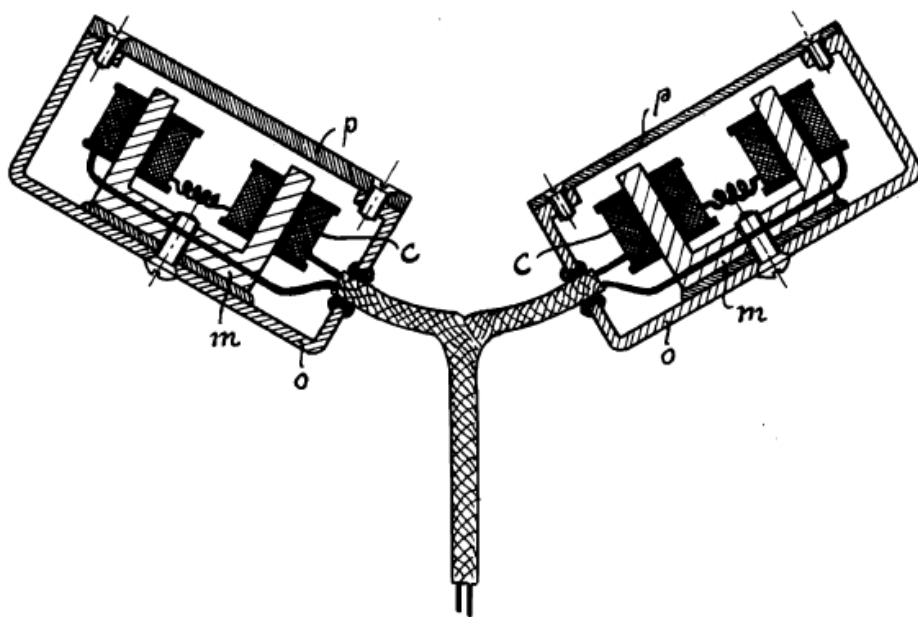


Fig. 3

Rys. 3. Laryngafon elektromagnetyczny i mikrotelefon nasobny z dwoma takimi laryngafonami

Źródło: Opis patentowy nr 28 638, Urząd Patentowy w Warszawie, Warszawa 1941.

Por. inż. Józef Kosacki (występujący ze względu na bezpieczeństwo rodziny w kraju pod pseudonimami Józef Kos i Józef Kosecki) skonstruował w 1941 roku wykrywacz min „Mine Detector Polish Mark I” wykorzystując częściowo projekty przygotowane przez zakłady AVA w 1939 roku na zlecenie Sztabu Głównego. Projekty te nie zostały wówczas zrealizowane z powodu wybuchu wojny. W późniejszym okresie produkowane były następne modele – używane w Wielkiej Brytanii do 1995 roku. Wynalazek nie został opatentowany i stanowił dar Józefa Kosackiego dla armii brytyjskiej.

Zasada pracy polegała na tym, że generator częstotliwości akustycznej zasiliał jedną z cewek w czujniku a druga z nich była połączona ze wzmacniaczem pracującym na słuchawki. Mina zakłócała równowagę układu cewek i powodowała pojawienie się w słuchawkach sygnału akustycznego.

Dla działu radiometeorologicznego Państwowego Instytutu Meteorologicznego AVA skonstruowała w oparciu o projekt prof. Jana Lugeona odbiornik służący do rejestracji zakłóceń atmosferycznych. Odbiornik o nazwie „Atmoradiograf” dał zdaniam Leonarda Danilewicza początek radioastronomii, zasadniczo jednak – też lub raczej w większym stopniu – radiometeorologii.

Atmoradiografy systemu Lugeona pracowały w obserwatoriach w Polsce (Jabłonna, Gdynia, Rabka, Hala Gąsienicowa) i za granicą: w Szwajcarii, na wyspach Azorskich, w Norwegii w Tromsø i na Wyspie Niedźwiedziej³. Sądząc po schemacie i wartościach elementów były to odbiorniki na fale bardzo długie – o częstotliwościach rzędu kilku kHz.

Jest to przykład jednego z rodzajów odbiorników specjalnych produkowanych przez AVE, ale nie miał wówczas żadnego bezpośredniego związku ze sprawami wojskowymi. W skład PIM-u wchodziły również wojskowe stacje meteorologiczne.

Sprawa zakłóceń atmosferycznych i radioastronomicznych, zwłaszcza słonecznych, stała się później istotna w czasie wojny. Sygnały słoneczne powodowały m.in. zakłócenia brytyjskich radarów przeciwlotniczych.

Ludomir Danilewicz był też autorem projektu generatorów o napędzie spalinowym, przeznaczonych do zasilania urządzeń wojskowych (w tym również produkowanych przez AVE). Generatory te były produkowane, przynajmniej na początku, przez Fabrykę Urządzeń Zasilających J. Rodkiewicz i S-ka lub we współpracy z nią, a prądnice wytwarzała firma K. i W. Pustoła. W spisie wyposażenia wojskowego występują jako agregaty spalinowo-elektryczne produkcji wytwórni AVA. Jeden z takich generatorów był źródłem zasilania w twierdzy modlińskiej i wytrzymał bez awarii do końca oblężenia w 1939 roku.

Po wojnie Ludomir Danilewicz uzyskał, częściowo sam, a częściowo do spółki z bratem Leonardem, co najmniej 15 patentów w Wielkiej Brytanii, Francji, USA i Danii z dziedziny elektrotechniki i silników elektrycznych (napędu elektrycznego). Był on zatrudniony w znanej firmie Plessey.

³ J. Lugeon, J. Gurtzman, *Przeказnik neonowy i jego zastosowanie do badań trzasków atmosferycznych*, „Przegląd Radjotechniczny” 1934, nr 11-12, s. 71.

Na marginesie

Nazwa wytwórni AVA powstała z kombinacji krótkofalarskich znaków wywoławczych – wspólnego braci Danilewiczów TPAV i Antoniego Pallutha TPVA. Bracia Danilewiczowie i Tadeusz Heftman (TPAX) byli członkami Komitetu Szkolenia Młodzieży w Radiotechnice – jednego z najstarszych w Polsce klubów radioamatorskich założonego w 1924 roku przez ojca Tadeusza, Eugeniusza Heftmana. I tak trzech przyjaciele z Sosnowca przebyli drogę od młodzieńczej fascynacji radiem i krótkofalarstwem poprzez studia na Politechnice Warszawskiej do owocnych karier zawodowych i zasługujących na uznanie osiągnięć w służbie Polsce. Krótkofalowcem był także Tadeusz Kopaczek (TPLA).

BIBLIOGRAFIA

Źródła:

- Cepa H., *Uwagi na temat przygotowania łączności w czasie pokoju i jej działania w czasie wojny*, Paryż 6 I 1940, Instytut Polski i Muzeum im. gen. Sikorskiego, Londyn B.I.9a;
Opis patentowy nr 28638 *Laryngofon elektromagnetyczny i mikrofon nasobny z dwoma takimi laryngofonami*, Urząd Patentowy w Warszawie;
Rejewski M., *Wspomnienia z mej pracy w Biurze Szyfrów Oddziału II Sztabu Głównego w latach 1930–1945*, 1967, maszynopis w Centralnym Archiwum Wojskowym;
Wojsko Polskie 1918–1939. Biuro Badań Technicznych Wojsk Łączności, Instytut Polski i Muzeum im. gen. Sikorskiego, Londyn A.I.12.

Druki zwarte:

- Bertrand G., *Enigma ou la plus grande énigme de la guerre 1939–1945*, Paryż 1973;
Cepa H., *Wybrane zagadnienia łączności armii II Rzeczypospolitej*, Warszawa 2007;
Inżynierowie polscy w XIX i XX w., tom 7, pod red. Piłatowicza J., Warszawa 2001;
Kozaczuk W., *W kręgu Enigmy*, Warszawa 1986;
Lelwic J., *Kalendarium życia i działalności Mariana Rejewskiego na tle wydarzeń związanych z historią maszyny szyfrującej Enigma*, Pomorskie Muzeum Wojskowe w Bydgoszczy.

Druki ciągłe:

- Bałuk S., *Enigma niemiecka maszyna szyfrująca*, „Zeszyty Historyczne” 2005, nr. 1;
Barczak Cz. L., *O Biuro Szyfrów e a Máquina Enigma – „Revista Cekaw”*, Anno II, nr 105;

Lugeon J., Gurtzman J., *Przełącznik neonowy i jego zastosowanie do badań trzasków atmosferycznych*, „Przegląd Radiotechniczny” 1934, nr 11-12;
Portalski S., *Tajemnice Enigmy*, „Notatki Płockie” 2007, nr 2/211;
Produkcja w AVie radiostacji dla lotnictwa i marynarki, „Kombatant”, nr 1/2009 (217);
Siemaszko Z. S., *Polish clandestine radio in world war two*, „Technika i Nauka” 2003-04, nr 72.

Strony internetowe:

A short history of spread spectrum, 26.1.2012, img.deusm.com;
Boo A., *Józef Kosacki : creador del Detector de minas*, <http://historiareimilitaris.com>, 12 XII 2012;
Buja R., *Radiostacja RKL/D*, www.rkd.friko.pl/rkld.html;
edu.gazeta.pl/edu/h/Lacida;
Edward Fokczyński, Territorio Scuola, enhancedwiki.altervista.org/fr.wikipedia.php;
Enigma – delta, delta.cs.cinvestav.mx/~gmorales/12Enigma/node2.html;
Enigma la guerre des codes – www.aassdn.org/Enigma%201.pdf;
Józef Kosacki – inventor of mine detector, projecteureka.wordpress.com/2011/10/22/polish-mine-detector/, www.thefewgoodmen.com/thefgmforum/threads/jozef-kosacki-inventor-of-mine-detector.19529/;
Kosmalska J., *Lacida czyli polska Enigma*, www.pw.edu.pl/miesiecz/2003/05/Bipw011.htm;
Medrala J., *L'Enigma polonaise en Résistance à Uzès 1940-1942*, Conférence Enigma, 12 IV 2008;
Referat o stanie przemysłu pracującego dla potrzeb łączności, [sierpień 1930], dws.org.pl;
Spadochroniarze wojskowi w II RP, „Dziennik Zbrojny”, dziennikzbrojny.pl;
www.deutsch-linien.de/ava_radio_company;
www.pobiedziska.pl/EN-H207/palluth.html;
www.revolvy.com;
Żak A. Cz., *Drogi łamania Enigmy*, Internet.

ABSTRACT

Inventions are mainly result of the acquisition of knowledge and experience of many people and their work in a long time. That's why speaking about polish contribution to a victory in the WWII we should watch the preceeding times and the preceeding technical developpments. We take as an example the „AVA radio factory”. Danilewcz brothers, Tadeusz Heftman, Tadeusz Kopaczek and other enventors employed at the factory constructed not only polish copies of „Enigma“ but also auxiliary devices like „Cyclometer” and „Cryptographic bombs”, which helped by the code breaking and also special radio receivers, radio transmitter for different applications, laryngophones and developped first ideas of spread spectrum communication.