

Krzysztof Dąbrowski

Wiedeń

ORCID: 0000-0002-0837-6497

ELEKTRYCZNE PRZESYŁANIE OBRAZÓW NA ODLEGŁOŚĆ

Long-distance Electronic Transmission of Images

Summary: This somewhat archaic title points to a particular historical period presented in the articles. The article is concerned with technological developments used to transmit writing and images long distance. It is concerned with the systems used from the times of Alexander Bain to those used approximately a hundred years ago. It showcases different methods of image analysis on the side of the sender and the methods of image saving on the side of the receiver.

Keywords: A. Bain, F. Bakewell, E. Belin, G. Caselli, L. Cerebotani, E. Davy, E. Gray, A. Korn, R.E. Liesegang, A. de Paiva, C.M. Perosino, F. Ritchi, C. Senlencq, autotelegraph, belinograph, electro-autograph, pantelegraph, phototel, phototelegraph, telautograph, telectroscop

Słowa kluczowe: A. Bain, F. Bakewell, E. Belin, G. Caselli, L. Cerebotani, E. Davy, E. Gray, A. Korn, R.E. Liesegang, A. de Paiva, C.M. Perosino, F. Ritchi, C. Senlencq, autotelegraf, belinograf, elektroautograf, fototel, fototelegraf, pantelegraf, telautograf, telectroskop, telefotograf, toletolegraf

Transmisja nieruchomych obrazów przedstawiających pisane teksty, rysunki lub zdjęcia – faksymile – była technicznie mniej skomplikowana od telewizyjnego przekazu ruchomych obrazów. Przede wszystkim znacznie mniejszą rolę odrywał i odgrywa do chwili obecnej czynnik czasu. O ile dla uzyskania wrażenia płynności ruchu konieczna jest transmisja co najmniej 16 obrazów na sekundę, o tyle dla użytkownika możliwy do przyjęcia był kilkuminutowy czas transmisji faksymile. W pierwszym, eksperymentalnym okresie rozwoju tej techniki przekraczał on nawet 20 minut. Dłuższy czas transmisji pozwala jednak na zapewnienie większej rozdzielczości przesyłanego obrazu. Obecnie w epoce komputerów i Internetu czasy te są oczywiście nieporównanie krótsze.

Zasadniczo historyczne konstrukcje aparatury nadawczo-odbiorczej można podzielić na dwie podstawowe grupy. Do pierwszej z nich, aparatów pozwalających na przesyłanie obrazów o dowolnej treści, należą urządzenia z kolejną analizą obrazu punkt po punkcie wzdłuż linii prostych lub pojedynczej linii śrubowej. W najbardziej rozpowszechnionych rozwiązaniach oryginał obrazu był umieszczony na obracającym się walcu, wzdłuż którego przesuwiał się element analizujący kreśląc na oryginale linię spiralną. Metoda ta znalazła szerokie zastosowanie aż do czasów współczesnych. W początkowym okresie występowały też rozwiązania z płaskimi oryginałami lub z oryginałami rozpiętymi na wycinku powierzchni walcowej poruszanej ruchem wahadłowym.

Drugą grupę stanowiły urządzenia, w których ruch pisaka po stronie nadawczej był rozkładany na prostopadłe do siebie składowe, a po stronie odbiorczej składowe te sterowały ruchem urządzenia piszącego – telautografy (niem., ang., franc. *Telautograph*, *Tel-autograph* itd.). System ten nadawał się do transmisji pisma i jednokolorowych rysunków wykonywanych na bieżąco, natomiast nie pozwalał na przekazywanie ilustracji sporządzonych wcześniej (zwłaszcza zdjęć itp.)¹.

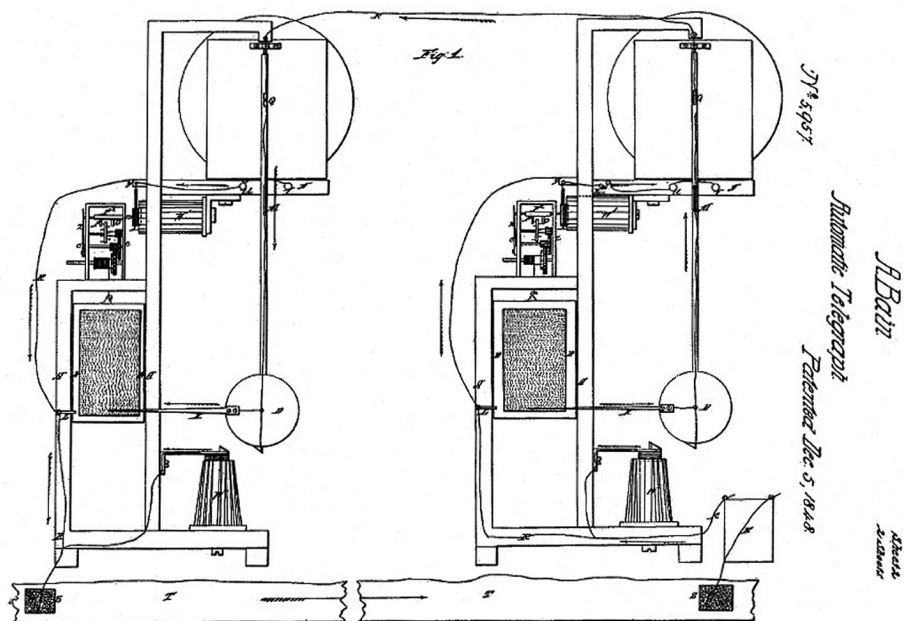
Do najczęściej stosowanych metod analizy należały metoda optyczna i elektryczna. W metodzie optycznej występowały dwie odmiany. Przezroczyste oryginały na kliszy filmowej – diapozytywy – nadawały się do prześwietlania przez światło z umieszczonej na zewnątrz lampy. Padało ono następnie na umieszczoną wewnątrz lub w pobliżu walca fotokomórkę. Metoda optyczna pozwalała na transmisję obrazów o wielu stopniach jasności.

Z odbicia światła od nieprzezroczystego oryginału korzystano w transmisji zdjęć prasowych i map pogody do czasów współczesnych, kiedy zastąpiła je technika komputerowa. Światło odbite od oryginału padając na fotokomórkę powodowało podobnie jak w pierwszym przypadku zmiany natężenia prądu w obwodzie.

W odróżnieniu od metod optycznych metoda oporowa korzystała z oryginału narysowanego nieprzewodzącym atramentem albo odbitego nieprzewodzącą farbą na płycie lub folii metalowej. Oryginały takie nazywane później kliszą elektryczną były stosowane jeszcze w aparacie telewizyjnym Stefana Manczarskiego z 1929 r. Metoda pozwalała jedynie na transmisję obrazów o dwóch odcieniach: czarnym i białym, którym odpowiadały stany zwarcia i przerwy w obwodzie.

Trzecim rodzajem są metody reliefowe, w których elektroda analizująca wyczuwała różnice wysokości pomiędzy miejscami naświetlonymi i nienaświetlonymi na oryginale. W odbiorniku pisak zagłębiał się w materiale plastycznym (specjalnym rodzaju żelatyny bichromatycznej lub wosku parafinowym) na głębokość zależną od natężenia prądu. Materiał ten po pokryciu metalem metodą galwaniczną tworzył matrycę umożliwiającą wydruk. Stosowano również bezpo-

¹ K. [b.n.], *Der Telautograph von Gray*, „Das Polytechnische Journal” 1905, t. 320, 27, s. 428–429.

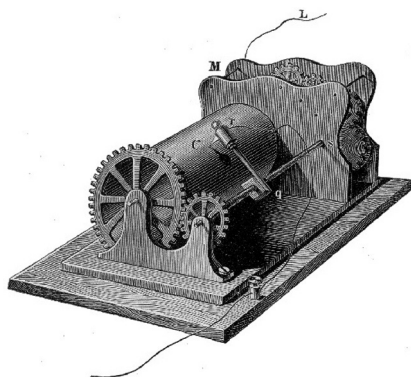


Il. 1. Konstrukcja fototelegrafu Baina z płaskimi obrazami i elektrodami poruszonymi za pomocą wahadeł, wahadła są napędzane elektrycznie, rysunek z wniosku patentowego. Źródło: Roberts S. *Distant Writing. A History of the Telegraph Companies in Britain between 1838 and 1868*, www.distantwriting.co.uk [dostęp: 10.03.2021]

średnie wykorzystanie matrycy do wydruku. Wadą tego rozwiązania był stosunkowo długi czas transmisji i obróbki, aż uzyskania odbitki po stronie odbiorczej. Również wśród metod reprodukcji obrazu w odbiorniku można wyróżnić trzy podstawowe sposoby. Pierwszym z nich jest metoda optyczna polegająca na naswietlaniu kliszy fotograficznej światłem o jasności zależnej od prądu płynącego w obwodzie, czyli od jasności kolejnych punktów oryginału.

Drugą z metod jest metoda elektrochemiczna. W odbiorniku stosowany był papier nasycony substancją chemiczną zmieniającą kolor proporcjonalnie do natężenia prądu. Zasada reprodukcji elektrochemicznej opierała się na opracowaniu i patencie Eduarda Davy'ego z 1838 r.² W rozwiązaniach Bakewella i Castellego otrzymywało się białe pismo na niebieskim tle. Jego wadą była powolność reakcji chemicznej ograniczająca szybkość transmisji. Metoda ta stosowana była rów-

² Eduard Davy (1806–1885) – brytyjski chirurg, chemik, naukowiec i wynalazca w dziedzinie telegrafii, konstruktor przekaźnika elektrycznego z igłą magnetyczną i kontaktem rtęciowym. Od 1838 r. do śmierci działał w Australii.

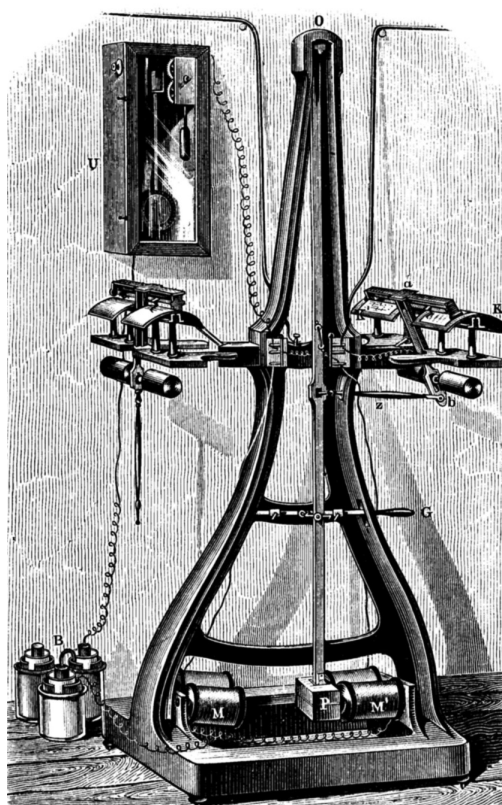


Il. 2. Konstrukcja fototelegrafu Bakewella z 1848 r. z obrotowym walcem, rysunek z wniosku patentowego. Źródło: Roberts S. *Distant Writing. A History of the Telegraph Companies in Britain between 1838 and 1868*, www.distantwriting.co.uk [dostęp: 10.03.2021]. www.distantwriting.co.uk [dostęp: 10.3.2021]

niez w latach 1929–1932 w fultografie³. Oba rozwiązania pozwalały na transmisję obrazu o wielu odcieniach jasności i tonacjach zależnych od zastosowanych związków chemicznych. Nie mogły być to jednak obrazy wielokolorowe.

Trzecim sposobem było rysowanie punktów lub linii za pomocą ołówka przyciąganego przez elektromagnes. W najprostszej postaci umożliwiała to reprodukcję obrazów czarno-białych. Dopiero zastosowanie rastru⁴ pozwoliło na odtwarzanie wielu odcieni.

Większość konstrukcji, wzorując się na rozwiązaniu Casellego, transmitowała punkty obrazu kolejno po pojedynczym przewodzie. Do wyjątków należały rozwiązania z równoległą transmisją, przy czym liczba dostępnych przewodów



Il. 3. Pantelegraf Casellego, po bokach wahadła widoczne wycinki powierzchni walcowych *K* dla nadawania i odbioru, *a* – rysik analizujący, wahadło *P* jest napędzane elektrycznie przez elektromagnesy *M*, *M'*, *B* –miedziowo-cynkowe ogniwa Daniella

³ Obrazy fultograficzne miały brązową tonację gdyż papier był nasycony roztworem jodku potasu. W pierwszych rozwiązaniach faksymile była to tonacja niebieska – błękitu pruskiego. O użyciu roztworu jodku potasu z krochmałem pisał m.in. Raphael Liesegang w r. 1899. Zob. R.E. Liesegang, *Beiträge zum Problem des elektrischen Fernsehens*, Düsseldorf 1899; K. Dąbrowski, *Pięć minut fultografu*, „Analecta. Studia i Materiały z Dziejów Nauki” 2016, 25, z. 1, s. 140–161.

⁴ Raster – symulacja obrazu wielotonowego (o wielu odcieniach jasności) za pomocą obrazu jednotonalnego w postaci drobnego wzoru.

ograniczała w znacznym stopniu rozdzielczość obrazu – nie nadawały się one do praktycznego zastosowania i mogły mieć co najwyżej zastosowanie eksperymentalne albo pozostawały tylko w fazie projektów. Fotokomórki selenowe były przykładowo rozmieszczone w postaci okrągłej lub kwadratowej matrycy. Ekran odbiornika składał się z takiej samej liczby żarówek.

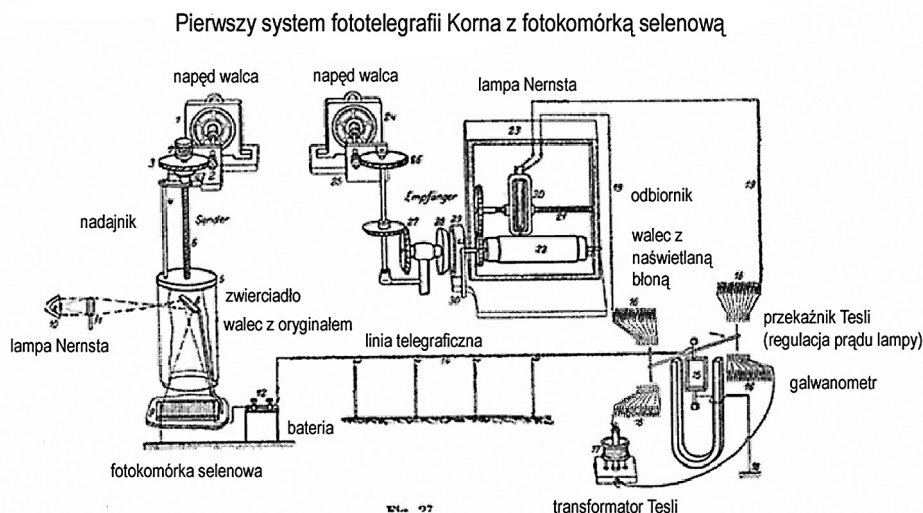
Pionierski aparat faksymile Alexandra Baina powstawał w latach 1843–1846. Mechanizm zegarowy synchronizował w nim ruch dwóch wahadeł: wahadła analizującego oryginał linia po linii i wahadła odbiorczego poruszającego elektrodę piszącą. Oryginał obrazu był początkowo płaski i składał się z drutów miedzianych umieszczonych w laku, a w następnej wersji (1850 r.) składał się z metalowych kontaktów wbitych w powierzchnię nieprzewodzącego walca. W odbiorniku został użyty papier nasycony wodnymi roztworami cyjanku żelazo-potasowego $K_4Fe(CN)_6$ i azotanu amonu NH_4NO_3 – podobnym do stosowanego w jego elektrochemicznym telegrafie. Pod wpływem prądu roztwór rozkładał się, dając na papierze punkty w kolorze błękitu pruskiego. Odbiornik i nadajnik były połączone ze sobą za pomocą pięciu przewodów. Pierwszy otrzymany przez Baina patent (nr 9745) pochodzi z maja 1843 r. Jakość transmitowanych obrazów była niska. W 1850 r. Bain wystąpił o patent na ulepszoną wersję aparatu zawierającego dwa obracające się walce nadawczy i odbiorczy, ale w międzyczasie ubiegł go Fryderyk Bakewell, uzyskując w 1848 r. patent na swoją znacznie mniej skomplikowaną konstrukcję „telegrafu obrazowego” opartego na pojedynczym obracającym się walcu. W odbiornikach Bakewella i Castellego stosowany był papier nasycony tym samym roztworem co u Baina. W pantelegrafie Castellego igła analizująca i elektroda odtwarzająca były poruszane za pomocą napędzanych elektrycznie wahadeł o masie 8 kg. W nadajniku pantelegrafu oryginał w postaci „kliszy elektrycznej” był rozpięty na wycinku walca przesuwanego o około 0,25 mm co linię.

Od czasów Castellego do początków XX w. powstało wiele projektów i opracowań aparatów faksymile pracujących na różnych zasadach. Orientacyjny przegląd najważniejszych z nich zawiera tabela 1. Stosunkowo najczęściej spotykane były rozwiązania z ruchomą lub nieruchomą fotokomórką selenową albo z kliszą elektryczną, a w odbiornikach systemy z reprodukcją elektrochemiczną lub z naświetlaniem kliszy fotograficznej.

Dobrą jakość przekazywanych obrazów zapewnił dopiero Telefotograf (Teletautograf, niem. *Teleautograph*) urodzonego we Wrocławiu prof. Arthura Korna⁵. Jego pierwsze rozwiązanie opracował Korn w 1903–1904 r.⁶ Jako źródło świat-

⁵ Arthur Korn (ur. Wrocław 1870, zm. Jersey City 1945) – niemiecki fizyk, matematyk i wynalazca, prof. fizyki na politechnice w Berlinie. W 1930 r. uzyskał tytuł doktora politechniki we Wrocławiu. Od 1939 r. prof. fizyki i matematyki na politechnice w New Jersey.

⁶ A. Korn, *Sur un appareil transmetteur et un appareil récepteur destinés à la transmission à distance des photographies*, „L'éclairage électrique” 1904, XXXIX, 14, s. 464–469; A. Korn, *Appareil récepteur pour tèleautographie et transmission des grawures en demi-ton*, „L'éclairage électrique” 1904, 39, nr 14, s. 469–472.



Il. 4. Pierwsze rozwiązanie fototelegrafu Korna z fotokomórką selenową i regulacją prądu lampy naświetlającej za pomocą przełącznika Tesli. Źródło: A. Kümmel-Schnur, Ch. Kassung, *Bildtelegraphie. Eine Mediengeschichte in Patenten (1840–1930)*, Bielefeld 2012 (Kultur und Medientheorie)

ła w nadajniku służyła lampa Nernsta⁷. Był to rodzaj żarówki, ale wyposażonej w podgrzewany żarnik ceramiczny, nie utleniający się w powietrzu. Dawała ona światło o widmie zbliżonym do dziennego. Światło lampy o mocy 64 świec (jak podawano w ówczesnych opisach) było skupiane za pomocą soczewki Zeissa na powierzchni metalowego walca posiadającego otworek o powierzchni 1 mm². Wewnątrz metalowego cylindra znajdował się obrotowy i przesuwany wzdłuż osi cylinder szklany, na który nakładało się przezroczysty oryginał obrazu (kliszę fotograficzną) o wysokości 9 – 12 cm. Cylinder szklany o średnicy 8 cm i długości 20 cm wykonywał jeden obrót w ciągu 20 sekund i przesuwiał się przy tym o 1 mm wzdłuż swojej osi. Światło o zmodulowanej przez obraz jasności padało na znajdujący się na osi walców pryzmat lub zwierciadło kierujące je na umieszczoną poza walcem fotokomórkę selenową⁸. Linia transmisyjna była zasilana z baterii akumulatorów o napięciu 110 V. Z powodu wysokiej oporności selenu i linii transmisyjnej natężenie prądu w obwodzie było, jak podawano w ówczesnej literaturze, rzędu 0,1 mA.

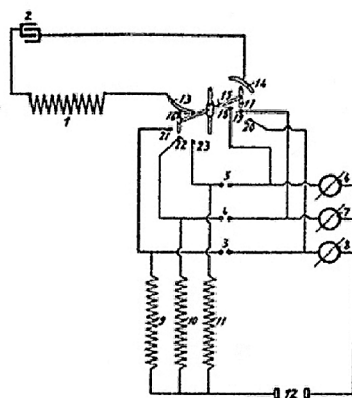
⁷ Lampa skonstruowana w 1897 r. przez niemieckiego fizyka i chemika Walthera Nernsta została później wyparta przez tańsze i wydajniejsze żarówki z włóknem wolframowym. Obecnie jest wykorzystywana jako źródło promieniowania podczerwonego. Bańka lampy nie musi być hermetyczna.

⁸ Właściwości światłoczułe selenu są znane od 1873 r.

Stacja odbiorcza składała się z ciemni, w której obracał i przesuwiał się poczerniony cylinder z nałożoną na niego błoną fotograficzną. Przez otwór w obudowie ciemni na błonę padało światło lampy Nernsta powodując jej naświetlenie. Do modulacji jasności padającego światła służył galwanometr z ruchomą blaszką aluminiową, przesłaniającą światło lampy w stopniu zależnym od natężenia prądu w obwodzie transmisyjnym. Po naświetleniu błona była wywoływana w zwykły sposób. Pierwsze próby transmisji obrazów przeprowadził Korn w 1904 r. na trasie Monachium–Norymberga–Monachium. Czas transmisji obrazu dochodził, w zależności od jego wymiarów, do 23 minut⁹. W 1906 r. Korn przetransmitował zdjęcie na dystansie 1800 km. W poprzedzającym tę konstrukcję prototypie jako źródło światła pracowała jarzeniówka (tzw. rurka Crooka), zasilana energią wielkiej częstotliwości z transformatora Tesli. Jej długość wynosiła kilka cm, a średnica 1 cm. Była ona otoczona czarną papierową osłoną z otworkiem. W obwodzie prądu w.cz. znajdował się galwanometr zmieniający długość stref iskrowych, a przez to natężenie prądu w.cz. wpływającego na jasność światła jarzeniówki w zależności od natężenia prądu w linii transmisyjnej. W ulepszonej wersji (z 1904 r.) galwanometr służył do włączania w obwód wysokiego napięcia oporności o różnych wartościach.

W następnych konstrukcjach Korn zastosował układ kompensacji zmniejszający wpływ bezwładności świetlnej selenu (*Selenkompensator*)¹⁰. Składał się on z dwóch fotokomórek stanowiących dwie gałęzie mostka Wheastona. Oświetlenie jednej z nich powodowało zaburzenie równowagi mostka, a płynący wskutek tego prąd poruszał za pomocą elektromagnesu blaszkę odsłaniającą drugą fotokomórkę. Przywracało to równowagę mostka przed naświetleniem światłem padającym przez następny punkt obrazu.

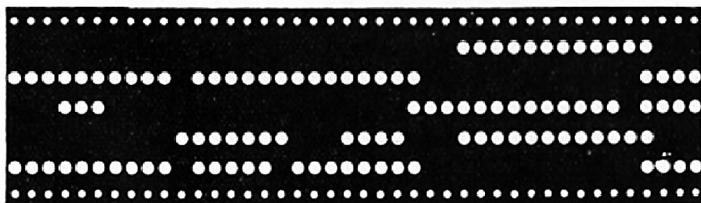
W kolejnej wersji odbiornika Korna do przysyłania światła służyła metalowa struna przyciągana przez elektromagnes z siłą zależną od natężenia prądu



Il. 5. Zasada działania przetwornika sygnału jasności na kod telegraficzny. Źródło: A. Kümmel-Schnur, Ch. Kassung, *Bildtelegraphie. Eine Mediengeschichte in Patenten (1840–1930)*, Bielefeld 2012 (Kultur und Medientheorie)

⁹ W. Wróblewski, *Elektryczne przenoszenie fotografii*, „Przegląd Techniczny” 1906, nr 36, s. 409–411; nr 38, s. 425–427; nr 40, s. 443–444; nr 42, s. 457–459; nr 44, s. 481–482.

¹⁰ Francuski patent B.F. 363390 z 2.5.1906.



Il. 6. Taśma dziurkowana dla telegraficznej transmisji obrazów. Źródło: Pichler F., *Elektrische Bilder aus der Ferne technische Entwicklung von Bildtelegraphie und Fernsehen bis zum Jahr 1939; von den mechanisch-optischen Anfängen zu den elektronischen Systemen*, Trauner Verlag, Linz 2010 (Schriftenreihe Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, t. 18)

w obwodzie transmisyjnym (był to tzw. galwanometr strunowy). W stanie spoczynku przysłaniała ona całkowicie padające światło. Rozwiązanie to pozwalało na transmisję 1000 – 2000 punktów obrazowych na sekundę. Czas transmisji obrazu skrócił się do rzędu 10–12 minut. Dla kompensacji pojemności własnej linii transmisyjnej w szereg z nią po stronie nadawczej włączony był obwód różniczkujący (było to coś w rodzaju preemfazy poprawiającej reprodukcję punktów i małych elementów obrazu). Do 1910 r. została uruchomiona regularna łączność faksymile przez linie telefoniczne między Berlinem, Londynem i Paryżem. W 1923 r. Korn zaproponował, aby telautografami nazywać wszystkie aparaty służące do transmisji obrazów czarno-białych.

Na pierwszej wersji telefotografu Korna oparta była konstrukcja Tschönera z 1912 r. W koncepcji Marina z r. 1912 światło zmodulowane jasnością oryginału miało padać na pryzmat i po rozszczepieniu na kolory podstawowe na jedną z siedmiu fotokomórek. Były one podzielone na trzy grupy, a do transmisji informacji z każdej z grup przeznaczone były trzy częstotliwości podnośne jak w telefonii wielokrotnej. W odbiorniku miały być zastosowane trzy lampy łukowe, których światło miało przechodzić przez szklane filtry o kolorach żółtym, niebieskim i czerwonym¹¹. Pomysł ten nie został wówczas praktycznie zrealizowany.

W wydanej w 1924 r. broszurce *Tolentograf* z serii *Samouczek techniczny* urządzenie zawierające po stronie nadawczej „kliszę elektryczną” nawiniętą na walcu, a w odbiorniku przyciągany elektromagnetycznie ołówek piszący na papierze również nawiniętym na walcu nosiło nazwę tolentografu¹². Użycie tej nazwy było raczej wyjątkiem, gdyż autor nie zetknął się z nią w żadnym innym znanym mu wydawnictwie polskim.

¹¹ Odbiegało to od uznawanych obecnie za kolory podstawowe w rozkładzie addytywnym barw czerwonej, zielonej i niebieskiej.

¹² A. Liżęga, *Tolentograf. Przyrząd służący do przenoszenia na odległość pisma i rysunków*, Cieszyn [ok. 1924] (*Samouczek Techniczny*. Wydawnictwo popularno naukowe, nr. 83).

Z kolei w tekście W. Stępowskiego *Przesyłanie obrazów elektrycznych* z 1927 r. rozwiązanie występujące pod nazwą systemu „Telefunkena-Karolusa”, oparte o obrotowe walce i fotokomórkę (alkaliczną; zawierającą KOH) w nadajniku, nosiło nazwę telautografu¹³. Telautograf z fotokomórką Karolusa korzystał ze światła odbitego od oryginału, dzięki czemu zbędne było sporządzanie diapozytywów. Obraz w odbiorniku uzyskiwało się dzięki naświetlaniu kliszy fotograficznej przez światło o jasności modulowanej w polaryzatorze elektromagnetycznym (komórce Kerra). Do synchronizacji obrotu walców służyły sygnały o częstotliwości 1500 Hz¹⁴. Walce przesuwwały się o 1/5 mm na obrót.

Konstrukcje aparatury z grupy drugiej rozpoczynają się od telautografu – „urządzenia samopiszącego na odległość” – (w literaturze polskiej używana była również nazwa „dalekopis”, która później zmieniła znaczenie) Cowpera z r. 1879¹⁵. Ruch pióra lub ołówka piszącego na papierze po stronie nadawczej, rozłożony na składowe poziomą i pionową – lub ogólnie na dwie prostopadłe do siebie, czyli ortogonalne – powodował identyczny ruch poruszanego elektromagnetycznie pisaka (pióra) w odbiorniku. Konstrukcja ta została następnie ulepszona przez Cerebotaniego¹⁶. Najbardziej znane i rozpowszechnione były telautografy konstrukcji prof. Elishy Graya¹⁷ (pierwsze amerykańskie patenty o nrach 386815 i 461472 zostały udzielone odpowiednio w latach 1888 i 1891). Telautograf służył do reprodukcji na bieżąco pisma i rysunków wykonywanych po stronie nadawczej. Użytkownicy mogli mieć wrażenie, że piszą jednocześnie dwoma piórami znajdującymi się w dwóch różnych miejscach. Również ruch papieru w odbiorniku był kontrolowany przez stronę nadawczą. Zaletą telautografu była możliwość przekazywania pisma w dowolnym języku i alfabecie.

Zasadę pracy telautografu ilustruje rys. 7. Pióro lub ołówek *a* w nadajniku poruszały za pomocą systemów dźwigni *bcd* suwaki *d* dwóch potencjometrów *e*. Powodowało to zmiany natężenia prądu płynącego w obu liniach łączących nadajnik z odbiornikiem. W odbiorniku elektromagnesy *s s'* poruszały identyczne dźwignie mechanizmu kierującego piórem *a'*, tak że wykonywało on identyczne ruchy jak pisak nadawczy. Po włączeniu aparatu następowało automatyczne wciągnięcie świeżego papieru. Do podnoszenia pisaka i przesuwania papieru w odbiorniku służyły sygnały prądu zmiennego nakładane na sygnały stałoprądo-

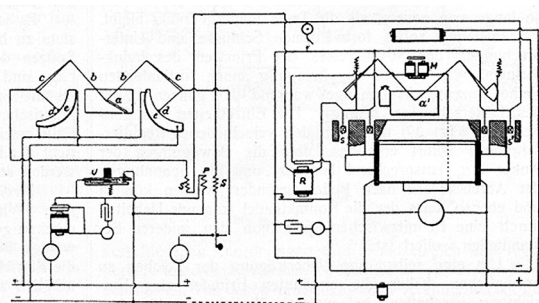
¹³ W. Stępowski, *Przesyłanie obrazów na odległość. Komórka fotoelektryczna Karolusa w zastosowaniu do teleautografii kablowej i bezdrutowej*, „Przegląd Techniczny” 1927, nr 9, s. 181.

¹⁴ Zasada transmisji tonów synchronizujących lub służących do przełączenia odbiornika na odpowiedni standard transmisji (APT) przetrwała w radiowej transmisji map pogody i zdjęć prasowych prawie do końca XX w.

¹⁵ Eduard Alfred Cowper (1819–1893) – brytyjski inżynier i wynalazca.

¹⁶ Luigi Cerebotani (1847–1928) – włoski teolog, filozof i wynalazca.

¹⁷ Elisha Gray (1835–1901) – amerykański fizyk, nauczyciel, wynalazca, konstruktor urządzeń telegraficznych, telefonicznych (konkurencja z Grahamem Bellem), urządzeń do łączności podwodnej i telautografu.



Il. 7. Zasada pracy telautografu Graya. Źródło: K. [b.n.], *Der Telautograph von Gray*, „Das Polytechnische Journal” 1905, t. 320, 27 s. 428–429

W obydwu kanałach. Sterowały one odpowiednimi elektromagnesami wykonawczymi, a ich źródłem był przerywacz połączony z cewkami PSS znajdujący się w nadajniku – opuszczenie lub podniesienie ołówka *a* było wykrywane automatycznie, a do podnoszenia lub opuszczania pióra *a* służyły przekaźnik *R* i elektromagnes *M*. Powierzchnia przeznaczona do pisania miała wymiary 125 x 50 mm. W pozycji spoczynkowej pióro było zanurzone w atramencie i dzięki temu stale gotowe do pisania. Naciśnięcie przycisku *U* w nadajniku powodowało wciągnięcie świeżego papieru po obu stronach. Rzeczywista szybkość działania telautografu zależała od szybkości pisania przez użytkownika.

Telautograf Graya po ulepszeniach Fostera Ritchiego (brytyjski patent nr 24048 z 1899 r.) jest bardziej znany pod jego nazwiskiem¹⁸. Konstrukcja ta pozwalała na równoległe korzystanie z linii telefonicznej do rozmowy i przekazywania pisma. Był on produkowany od 1900 r. przez ponad 30 lat przez firmę *Gray National Telautograph Company*. Od 1940 r. urządzenia były stopniowo modernizowane przez zastosowanie układów elektronicznych. Niektóre egzemplarze telautografu były używane jeszcze w latach 60. i 70. XX w. Ostatni wniosek patentowy związany z telautografem został złożony w Stanach Zjednoczonych w 1984 r.

Całkowicie różnym od opisanych powyżej systemów transmisji analogowej i zero-jedynkowej jest telegraficzna, czyli zasadniczo cyfrowa, transmisja obrazów. Rozwiązanie opracowane przez Korna opierało się na wcześniejszych pracach Emila Fortonga z 1904 r. i Johannes Adamiána z 1907 r.¹⁹ Najtrudniejszą sprawą, przy ówczesnym stanie techniki, było przekodowanie odcieni jasności obrazu do postaci znaków telegraficznych, współcześnie określilibyśmy ją jako kodowanie bitowe.

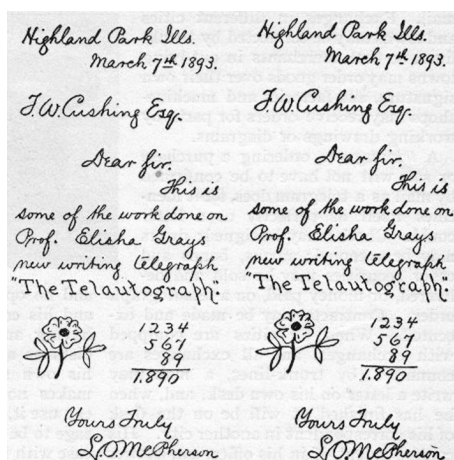
W praktycznie zrealizowanym rozwiązaniu Korna z 1907 r. został zastosowany przekaźnik Tesli – przekaźnik wielostopniowy, w którym ramię galwanometru, wychylające się w zależności od jasności punktu obrazu (prądu płynącego w zależności od oporności fotokomórki) przełączało napięcie dla magnesów dziurkujących – doprowadzane przez różne kontakty i strefy iskrowe, co skutkowało wy-

¹⁸ [red., b. nazw.], *Prof. Elisha Gray and the teleautograph transmitter and receiver*, „Popular Science Monthly” 1893, t. 44, s. 52–54.

¹⁹ Fortong – patent Rzeszy Niem. D.R.P. 179548 z 4.10.1904; Adamian – patent Rzeszy Niem. D.R.P. 197443 z 28 marca 1907 r.



Il. 8. Nadajnik (po lewej) i odbiornik telautografu. Źródło: Muzeum Poczty i Telekomunikacji w Berlinie



Il. 9. Rysunki i pismo przetransmitowane przez Telautograf

cięciem dziurki w odpowiednich miejscach papierowej taśmy (analogicznie jak w taśmach dziurkowanych stosowanych w dalekopisach i we wczesnej technice komputerowej). Pięć możliwych otworów pozwalało na zakodowanie 32 poziomów jasności, ale w konstrukcji Korna wykorzystywanych było tylko 15 z nich. Przekazniki w odbiorniku sterowały drukowaniem kwadratów o wymiarach odpowiadających jasności punktu.

Uproszczoną zasadę pracy przetwornika dla 3 poziomów jasności przedstawiono na il. 5. W jego układzie Korn zastosował opracowany przez siebie przekaznik Tesli. Dokładniej rzecz biorąc, przekaznik służył do przełączania prądu w obwodach wysokiego napięcia wytwarzanego przez transformator Tesli, więc nazwa ta była swego rodzaju skróttem myślowym. Cewka przekaznika obraca się w zależności od natężenia prądu płynącego w obwodzie fotokomórki selenowej (a więc jasności analizowanego punktu obrazu) zamykając w zależności od położenia przez zespoły kontaktów (18–17–14, 23–16–13), (19–17–14, 22–16–13) lub (20–17–14, 21–16–13) obwód wysokiego napięcia pochodzącego z transformatora Tesli 2. W zależności od tego napięcie jest podawane na jeden z trzech iskierników 3, 4 albo 5. Przez przewodzący łuk elektryczny napięcie z baterii 12 jest włączane na jeden z trzech przekazników dziurkujących 6, 7, 8.

Zaletą transmisji telegraficznej była możliwość wzmacniania sygnałów tłumionych w liniach transmisyjnych przy użyciu przekazników telegraficznych w czasach, gdy technika wzmacniaczy lampowych jeszcze nie istniała lub nie dojrzała do praktycznego zastosowania²⁰. System Korna był więc szczególnie

²⁰ Przekazniki telegraficzne były to przekazniki o dużej czułości, znacznej szybkości przełączania, pozwalające na przełączanie mocy rzędu 100 W.

przydatny w transmisji obrazów na długich trasach kablowych, a następnie radiowych²¹. Zbędna była również synchronizacja obrotów wałców nadajnika i odbiornika.

W latach 30. XX w. aparaturę faksymile oprócz wymienionych już systemów Telefunkena-Karolusa i Korna-Lorenza produkowały takie znane firmy jak Berlin, Westinghouse (system Westinghousa-Zworykina), RCA, Marconi Wireless i AT&T.

Historia metod transmisji obrazów nieruchomych (faksymile) i urządzeń stosowanych do ich transmisji jest niestety stosunkowo mało znana. Pierwsze opracowania w dziedzinie telegrafii obrazowej powstały już w 1843 r., a więc z niewielkim tylko opóźnieniem w stosunku do elektrycznej telegrafii tekstowej. Część ówczesnych konceptów nie doczekała się wprawdzie realizacji praktycznej (a nawet nie zawsze było to możliwe w dawniejszych stadiach rozwoju techniki), ale znalazły się wśród nich pomysły leżące u podstaw konstrukcji aparatury stosowanej szeroko w okresie od drugiej wojny światowej do czasów prawie współczesnych, czyli do rozpowszechnienia się komputerów i do powstania Internetu. Przykładowo w transmisji zdjęć prasowych i map pogody przez długi czas stosowana była elektrooptyczna analiza obrazów rozpiętych na obracającym się walcu. Do tematów także prawie nieznanymi należy również historia telautografu – urządzenia umożliwiającego pisanie i rysowanie na odległość w czasie rzeczywistym. Porównując historyczne rozwiązania ze współczesnym stanem techniki, można łatwo zauważyć znaczącą wówczas rolę urządzeń mechanicznych, wypartych obecnie w przeważającym stopniu przez urządzenia elektroniczne. Podstawowa oraz przysparzająca poważnych trudności, w ówczesnych rozwiązaniach analogowych (a zarazem mechaniczno-elektrycznych), sprawa zapewnienia synchronizmu między stacją nadawczą i odbiorczą przeniosła się obecnie na płaszczyznę transmisji i odczytu strumieni danych. Porównując problemy, które musieli rozwiązać konstruktorzy z XIX i XX w. ze współczesnymi, można jednak pomimo istotnych różnic zauważyć pewną ciągłość. Efektem ubocznym badania rozwiązań technicznych jest zaznajamianie się z historycznymi terminami technicznymi używanymi w języku polskim i w niektórych innych oraz z ich ewolucją aż do czasów obecnych²².

²¹ Opracowany w 1926 r. system Lorenza-Korna z fotokomórką alkaliczną stosowany był m.in. w transmisjach radiowych na trasie Wrocław–Berlin od 1928 r. Nadajnik o mocy 400 W z kluczowaniem częstotliwości podnośnej 4 kHz pracował na fali 1124 metry (fale średnie). F. Pichler, *Aufsätze zur Geschichte der Informationstechnik Telegraphie, Fernsehen, Elektronik, Signalverarbeitung*, Linz 2010, (Schriftenreihe Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, t. 20).

²² K. Dąbrowski, *Słownik historyczny terminów z elektroniki i radiotechniki*, [https://bpk.pzk.org.pl/2020/\[356\]Historyczne_slownictwo.pdf](https://bpk.pzk.org.pl/2020/[356]Historyczne_slownictwo.pdf) [dostęp: 10.03.2021].

Tab. 1. Najważniejsze konstrukcje i ich cechy charakterystyczne w porządku chronologicznym

Konstruktor, rok	Aparat	Metoda analizy	Metoda reprodukcji
Alexander Bain ¹ , 1843, wersja ulepszona 1850		Analiza za pomocą poruszanego wahadłem kontaktu, oryginał najpierw płaski, potem umieszczony na walcu (1850)	Elektrochemiczna, wahadło piszące synchronizowane z nadajnikiem, obraz biało-niebieski; niska jakość obrazu, mała szybkość transmisji
Frederick Bakewell, 1848, prezentacja w Londynie 1851	Fototelegraf	„Klisza elektryczna” na walcu	Elektrochemiczna, białe pismo na niebieskim tle; niska jakość obrazu i szybkość transmisji
Giovanni Caselli ² , 1856,	Pantelegraf, autotelegraf	„Klisza elektryczna” na wycinku walca, ruch wzdłużny 1/4 mm na linię, igła analizująca zwieriała baterię w nadajniku; wolna transmisja, trudna synchronizacja	Elektrochemiczna – papier lakmusowy, białe pismo lub rysunki na niebieskim tle, wady j.w. ³ Ołówek poruszany elektromagnesem, od 1861 linia komercyjna Paryż–Lyon
Constantin Senlecq ⁴ , 1877, projekt	Telektroskop	Matryca komutowanych (kolejno przełączanych) fotokomórek selenowych	Elektrochemiczna jak u Casellego, w drugim wariantcie zapis ołówkowy
Edward Cowper ⁵ , 1879, ulepsz. Luigi Cerebotani	Telautograf, „Dalekopis”	Przekazywanie ruchów elementu piszącego, ołówka	Element piszący poruszany przez elektromagnesy, ruch identyczny jak w nadajniku
Carlo-Mario Perosino ⁶ , 1879, nie zrealizowany projekt	Telefotograf, telektroskop (wł. <i>Teletroscopio</i> , z franc.) ⁷	Ruchoma fotokomórka selenowa, analizująca kolejne punkty	Elektrochemiczna – „papier chemiczny”
Adriano de Paiva ⁸ , nie zrealizowany projekt	Elektryczna teleskopia	Jak w projekcie Perosina	Jak w projekcie Perosina
George Carey, Wiliam Sawyer, 1880, projekt		Jak w projekcie Perosina	Jak w projekcie Perosina

Wiliam Ayrton i John Perry, 1880, nie zrealizowany projekt		Matryca fotokomórek, transmisja równoległa na wielu przewodach	Matryca galwanometrów odsłaniających i zasłaniających światło przechodzące przez otworki, lub modulacja światła przez polaryzator elektromagnetyczny
Wiliam Ayrton i John Perry ⁹ , 1881, projekt niezrealizowany, prototyp		Jak w projekcie Careya i Perosina	Wyświetlanie na ekranie, elektromagnetycznie poruszane zwierciadło i przesłona
Shelford Bidwell ¹⁰ , 1881, prezentacja w Londynie	Telefotograf	Walec z selenową fotokomórką wewnątrz, ruchoma soczewka skupiająca światło na kolejnych punktach	Walec z papierem chemicznym, obraz biały na tle czarnym lub czerwonym
Elisha Gray, 1888	Telautograf	Ruch ołówka rozkładany na dwie składowe poruszające dźwigniami suwaki potencjometrów	Elektromagnesy przyciągające dźwignie poruszające pióro;
Heinzerling, 1890	Telefotograf	Jak w konstrukcji Bidwella	Modulacja jasności światła przez zmianę polaryzacji pod wpływem pola magnetycznego
Raphael Eduard Liesegang ¹¹ , 1890	Fototel (niem. <i>Phototel</i>)	Analizator zawierający membranę platynowo-ebonitową, poruszający się linia po linii naprzeciw oryginału, wyginająca się (na zasadzie bimetalu) membrana naciskała z różną siłą na elektrodę węglową	Elektrochemiczna, papier pokryty mieszaniną żelatyny, gliceryny i atramentu, prąd płynął tylko po powierzchni warstwy chemicznej
Noah Amstutz, 1893	Kopiotelegraf, elektroautograf (fr. <i>Electroautograph</i>)	Sztyfcik na płaskorzeźbie (reliefie), 20 obrotów walca na min. i przesów 1 cala na 80 obr.; zastosowanie rastra (1895)	Sztyfcik przyciągany elektromagnesem, powodujący identyczne wgłębienia w wosku, pokrycie galwanoplastyczne i dopiero druk lub wydruk bezpośrednio z warstwy woskowej, transmisja i wydruk 2-calowego obrazu 25 minut; zastosowanie rastra (1895)

Kisselka, 1896	Kopiotelegraf	j.w., konstrukcja mechanicznie skomplikowana	j.w. ale warstwa żelatyny, pokrycie galwanoplastyczne, długi czas otrzymania obrazu
Ernest Hummel ¹² , 1898	Telediagraf	„klisza elektryczna” z folii 20 x 15 cm, rozpięta na walcu o średnicy 20 cm, elektroda platynowa, po każdym obrocie sygnał synchronizacji i przesunięcie o 0,45 mm, transmisja obrazu 20 – 30 minut	Kalka umieszczona pomiędzy dwoma kartkami papieru, uderzenia pisaka pod wpływem impulsów prądu; użycie w transmisji zdjęć prasowych
Otto von Bronk ¹³ , 1900, nie zrealizowany projekt	Telefotograf	Aparat fotograficzny z matrycą fotokomórek selenowych	Zapis magnetyczny impulsów na płycie stalowej
Foster Ritchie, 1900	Telautograf	Ulepszony telautograf Graya, zachowana zasada, transmisja przez linie telefoniczne	Ulepszony Telautograf Graya, zachowana zasada, transmisja przez linie telefoniczne
Arthur Korn, 1904	Telefotograf, teleautograf, oparty na konstrukcji Bidwella	Ruchomy cylinder z otworkiem 1 mm ² , wewnątrz obracający i przesuwający się cylinder z oryginałem na środku fotokomórka selenowa, w drugiej wersji kompensacja bezwładności świetlnej selenu	Naświetlanie kliszy fotograficznej, przesłona poruszana elektrycznie, w drugiej wersji – elektromagnetycznie
Edward Belin, 1907; od 1924 r. belinograf stosowany komercyjnie we Francji	Belinograf, początkowo nazwa telestereograf	Sztyfcik z kulkami węglowymi na reliefie, zmiana oporności między nimi już przy niewielkich różnicach wysokości na negatywie umieszczonym na walcu	Naświetlanie kliszy fotograficznej na walcu za pomocą światła o modulowanej jasności, do modulacji służyły filtry
		Od 1927 r. fotokomórka	
Tschöner, 1912	Telefotograf	Jak w pierwszej wersji telefotografu Korna	Jak w pierwszej wersji telefotografu Korna

Marino, 1912, nie zrealizowany projekt		Podobnie jak u Korna, ale światło lampy łukowej po przejściu przez oryginał miało być rozszczepiane przez pryzmat padało na jedną z 7 fotokomórek odpowiednio do koloru. Oryginał przesłaniany przez ruchomy pasek z otworkami 0,9 mm, trzy grupy fotokomórek, trzy częstotliwości nośne w linii	Naświetlanie błony fotograficznej światłem lamp łukowych przez ruchomy pasek z otworkiem. Jasność świecenia lampy zależna od natężenia prądu w obwodzie transmisyjnym Światło każdej z trzech lamp łukowych przechodziło przez kolorowy filtr: żółty, niebieski, czerwony
Dickmann i Gla-ge, nie zrealizowany projekt	Telautograf	Jak u Cowpera	Wyświetlanie liter na powierzchni fosforescencyjnej za pomocą odchylanego elektromagnetycznie strumienia elektronów („promieni katodowych”) rurki Brauna, fotografie „ekranu”
Lorenz-Korn, 1926	Telautograf	Fotokomórka alkaliczna, odbicie światła od oryginału na walcu	Naświetlanie kliszy, modulacja światła za pomocą galvanometru strunowego, od 1928 r. transmisje radiowe
Telefunken-Karolus, 1927	Telautograf	Oryginał na obrotowym walcu, odbite światło lampy łukowej pada na fotokomórkę alkaliczną Karolusa	Naświetlanie kliszy fotograficznej na walcu, modulacja jasności w polaryzatorze – komórce Kerra

Przypisy do tabeli:

1. Alexander Bain (1810–1877) – szkocki inżynier i wynalazca, konstruktor chemicznego telegrafu, telegrafów elektromagnetycznych i urządzeń faksymile, wynalazca zegara elektrycznego. Instalował kolejowe linie telegraficzne w Wielkiej Brytanii. Jeden z jego systemów telegraficznych był używany na kolei północno-zachodniej w Austrii, Czechach, na Śląsku i w Galicji. Zob. S. Roberts, *Distant Writing. A History of the Telegraph Companies in Britain between 1838 and 1868*, www.distantwriting.co.uk [dostęp: 10.03.2021].

2. Giovanni Caselli (1815–1893) – włoski fizyk i duchowny katolicki, konstruktor telegrafu pantografowego – pantelegrafu oraz urządzeń dla żeglugi i transportu kolejowego.

3. Zob. *HF-Fax Image Communication*, www.hffax.de [dostęp: 10.03.2021].

4. Constantin Senlecq (1842–1934) – francuski pionier telewizji. Jako jeden z pierwszych używał słowa teleoskop (1877), broszura *Le télectroscope* – pomysł użycia fotokomórki selenowej.

5. Edward Cowper (1819–1893) – brytyjski inżynier i wynalazca, konstruktor urządzenia do nagrzewania powietrza dla wielkich pieców za pomocą spalin. Zob. S. Roberts, *Distant Writing. A History of the Telegraph Companies...* [dostęp: 10.03.2021].

6. Carl Mario Perosino, dr, prof. fizyki w liceum w Piemontcie, autor prac z chemii, fizyki, mineralogii i dotyczących telegrafii Morse'a. Zob. C.M. Perosino, *Su d'un telefotografo ad un solo filo*, „Atti della R. Accademia delle scienze di Torino” 1879, XIV, 574–585 – pierwszy włoski wkład do prehistorii telewizji i faksymile.

7. S. Chrzanowski, *O fotografii i widzeniu elektrycznym (Telefotograf i telefotoskop)*, Przemysł 1913.

8. Adriano de Paiva (1847–1907) – prof. chemii i fizyki na politechnice w Porto, członek portugalskiej Akademii Nauk. Pomysłodawca wykorzystania selenu. Zob. A. de Paiva, *A telefonia, a telegrafia e a telescopia*, „O Instituto – revista científica e literária” 1877–1878, 9, s. 414–421.

9. Wiliam Edward Ayrton (1847–1908) – prof. elektrotechniki. John Perry (1850–1920) – prof. nauk przyrodniczych – elektrotechniki, magnetyzmu, sejsmologii. Zob. S. Roberts, *Distant Writing. A History of the Telegraph Companies...* [dostęp: 10.03.2021].

10. Shelford Bidwell (1848–1909) – fizyk i wynalazca angielski w dziedzinie telefotografii i telefonii (fotofon). Zob. S. Roberts, *Distant Writing. A History of the Telegraph Companies...* [dostęp: 10.03.2021].

11. Raphael Eduard Liesegang (1869–1947) – niemiecki chemik (chemia koloidów) i pisarz. Pod koniec XIX w. zajmował się problematyką telewizji.

12. Ernest Hummel – zegarmistrz w St. Paul w stanie Minnesota.

13. Otto von Bronk (1872–1951) – fizyk niemiecki, wynalazca w dziedzinie telewizji mechanicznej.

Bibliografia

[red., bez nazw.], *Prof. Elisha Gray and the teleautograph transmitter and receiver*, „Popular Science Monthly” 1893, t. 44, s. 52–54.

Chrzanowski S., *O fotografii i widzeniu elektrycznym (Telefotograf i telefotoskop)*, wyd. nakładem autora, drukarnia J. Styfięgo, Przemysł 1913.

Dąbrowski K., *Pięć minut fultografu*, „Analecta. Studia i Materiały z Dziejów Nauki” 2016, 25, z. 1, s. 140–161.

HF-Fax Image Communication, www.hffax.de [dostęp: 10.3.2021].

K. [b.n.], *Der Telautograph von Gray*, „Das Polytechnische Journal” 1905, t. 320, 27 s. 428–429.

Korn A., *Appareil récepteur pour télautographie et transmission des grawures en demiton*, „L'éclairage électrique” 1904, t. 39, nr 14, s. 469–472.

Korn A., *Sur un appareil transmetteur et un appareil récepteur destinés à la transmission à distance des photographies*, „L'éclairage électrique” 1904, XXXIX, 14, s. 464–469.

Kümmel-Schnur A., Kassung Ch., *Bildtelegraphie. Eine Mediengeschichte in Patenten (1840–1930)*, Transcript Verlag, Bielefeld 2012 (Kultur und Medientheorie).

Lange A. [red.], *Histoire de la télévision*, www.histv.net [dostęp: 10.3.2021].

Liesegang R.E., *Beiträge zum Problem des elektrischen Fernsehens*, wyd. 2, ed. Liesegang's Verlag, Düsseldorf 1899.

Lięża A., *Tolentograf. Przyrząd służący do przenoszenia na odległość pisma i rysunków*, wyd. B. Kotuli, Cieszyn [ok 1924], (Samouczek Techniczny, Wydawnictwo popularno naukowe, nr 83).

Pichler F., *Aufsätze zur Geschichte der Informationstechnik*, Trauner Verlag, Linz 2010 (Schriftenreihe Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, t. 20).

- Pichler F., *Elektrische Bilder aus der Ferne technische Entwicklung von Bildtelegraphie und Fernsehen bis zum Jahr 1939; von den mechanisch-optischen Anfängen zu den elektronischen Systemen*, Trauner Verlag, Linz 2010 (Schriftenreihe Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, t. 18).
- Roberts S. *Distant Writing. A History of the Telegraph Companies in Britain between 1838 and 1868*, www.distantwriting.co.uk [dostęp: 10.03.2021].
- Stępowski W., *Przesyłanie obrazów na odległość. Komórka fotoelektryczna Karolusa w zastosowaniu do teleautografii kablowej i bezdrutowej*, „Przegląd Techniczny” 1927, nr 9, s. 181–185.
- Wróblewski W., *Elektryczne przenoszenie fotografii*, „Przegląd Techniczny” 1906, nr 36, s. 409–411; nr 38, s. 425–427; nr 40, s. 443–444; nr 42, s. 457–459; nr 44, s. 481–482.