

Prof. Dr. Inż. STANISŁAW FRYZE.

SZLAKIEM ROZWOJU ELEKTROTECHNIKI.

Wykład inauguracyjny, wygłoszony w dniu 1 października 1929 r.
na Politechnice Lwowskiej.

KOMISJA WYDAWNICZA
Tow. Bratniej Pomocy
Stud. Politechniki Lwowskiej.

LWÓW — 1929.

ODBITKA Z „ZASOPISMA TECHNICZNEGO“ 1929 R.

Prof. Dr. Inż. STANISŁAW FRYZE.

SZLAKIEM ROZWOJU ELEKTROTECHNIKI.

Wykład inauguracyjny, wygłoszony w dniu 1 października 1929 r.
na Politechnice Lwowskiej.

Janina

St. Fryze
1929.

LWÓW — 1929.

ODBITKA Z „CZASOPISMA TECHNICZNEGO“ 1929 R.

Prof. Dr. Inż. Stanisław Fryze.

Szlakiem rozwoju elektrotechniki.

Wykład inauguracyjny, wygłoszony w dniu 1 października 1929 r.
na Politechnice Lwowskiej.

Elektrotechnika, najpiękniejsza z cór Fizyki, ujrzała światło dzienne w dobie Wielkiej Rewolucji francuskiej. W czasie gdy w Paryżu, rozwydrzone pospólstwo zdobywa i burzy osławioną Bastyllę, w cichem ambulatorjum bolońskim, profesor anatomji, Ludwik Alojzy Galvani kończy swe sławne badania nad działaniem wyładowań elektrycznych na spreparowane żaby. W roku 1791, w którym nieszczęśliwy Ludwik XVI próbuje wraz z rodziną bezskutecznej ucieczki z ogarniętej rewolucją Francji, w słonecznej Italji ogłasza Galvani wyniki swych prac w dziele p. t. „De viribus electricitatis in motu musculari, Comentarjus“. Epokowe odkrycie Galwaniego, odbiegające zasadniczo od wszystkiego co dotąd znane było w nauce o elektryczności, podziało niby grudka myśli rzucona z wyżyn ducha w bezkresny obszar ludzkiego genjuszu. Uraść ona wnet do rozmiarów gigantycznej lawiny niesłychanych zdobyczy naukowych i zdumiewających zastosowań technicznych. Telegraf, telefon, generatory i motory elektryczne, transformatory, światło elektryczne, elektrochemja i elektrotermja, linje wysokiego napięcia, rury Röntgena, elektromedycyna, a ostatnio cud techniki radjo, oto plon pracy dwu generacyj ludzkich na niwie elektrotechnicznej. Jeżeli dodamy do tego elektromagnetyczną teorię światła, elektronową teorię budowy materji w fizyce, zrozumiemy, czem było drobne napozór odkrycie bolońskiego lekarza.

Słusznie też uznano Galwaniego za rodzica nowej nauki, nazwanej na jego cześć „galwanizmem“. On też uważany być musi za ojca Elektrotechniki, jakkolwiek

imię i pierwsze lata rozwoju zawdzięcza ta nowa umiejętność techniczna komu innemu. Ojcem chrzestnym Elektrotechniki był Aleksander Volta, profesor uniwersytetu włoskiego w Pawii. On jest pierwszym wychowawcą małego niemowlęcia, uczy je stawiać pierwsze kroki i czyni wreszcie z niego cudowne dziecko epoki. Genjalny Volta wyjaśnia i dopełnia zjawiska odkryte przez Galvaniego i w czasie gdy we Francji spadają pod nożem gilotyny nieszczęsne głowy Ludwika XVI i Marji Antoniny, funduje podstawy swej sławnej teorii kontaktowej.

Rok 1799, pamiętny zamachem stanu Bonapartego, kończy nie tylko pierwszy okres Rewolucji francuskiej, lecz także dzieciństwo Elektrotechniki. W roku tym, sławny już Volta, dokonuje epokowej budowy stosu elektrycznego, dając w nim ludzkości nowe, nieznane dotąd, źródło energii elektrycznej. Mała Elektrotechnika ma wówczas lat ośm, a już zdobywa podziw całego świata. Rozkład wody, dokonany w roku 1800 przez Nicholsona i Carlisle'a, wykrycie z pomocą elektrolizy sodu i potasu przez Davy'ego w roku 1807, odkrycie łuku elektrycznego, uskutechnione również przez Davy'ego w roku 1810, przemiana ciepła na energję elektr. w termoelementach, wynalezionych przez Seebecka w roku 1821, początki galwanotechniki, oto ważniejsze debiuty młodej Elektrotechniki w ciągu jej pierwszych lat istnienia. Stary już Volta może się jedynie cieszyć rozwojem swej chrześniaczki. Przebywa ona już stale poza granicami swej Ojczyzny, wspierana radą, wskazówkami i troskliwą opieką swej matki Fizyki. Młoda i piękna, tajemnicza i obiecująca, nęci ku sobie coraz większe zastępy genialnych wielbicieli, z pomocą których zmieni wnet oblicze całego świata. Szczęśliwi wybrańcy, których dotknie swemi eterycznemi ustami, wchodzą do Panteonu. W roku 1820 opromienia sławą duńskiego fizyka Jana Christiana Oersteda, odkrywcy działań magnetycznych prądu. W trzy lata później (1823) daje nieśmiertelność Andrzejowi Marji Ampère'owi za pracę o działaniach elektrodynamicznych prądu i teoryję prądów molekularnych. Krótko gości w Niemczech, by złożyć wieniec wawrzynu na skronie Jerzego Szymona Ohma za sławne prawo ochrzczone jego nazwiskiem (1827). Uśmiecha się pobłaźliwie na widok, jak własni rodacy Ohma do wieńca tego dodają cierniową koronę zapoznania ważności jego pracy, poczem cudna i sławna z aureolą świetności i główką pełną najfantastyczniejszych rojeń, przenosi się do Anglii, by być gwiazdą przewodnią i po-

wiernicą swych najczarowniejszych tajemnic, największemu genjuszowi epoki, Faradayowi.

Michał Faraday, rówieśnik Elektrotechniki urodził się w tym samym roku 1791, w którym Galvani ogłosił swe sławne dzieło. Samouctwo zaprowadziło go, z nader skromnego ucznia introligatorskiego, na szczyty sławy naukowej. Z Elektrotechniką zapoznał się w pracowni znakomitego Davy'ego, a ogarnięty miłością do precudnej czarodziejki, służy jej wiernie aż do końca swego życia (1867).

Faraday dokonał tysięcznych odkryć naukowych, ugruntował nowe poglądy na istotę zjawisk elektrycznych i magnetycznych, utrzymujące się do dnia dzisiejszego, podał szereg praw niezmiernej ważności, zostawił takie mnóstwo myśli i idei, że starczyło ich na strawę duchową dla całej epoki. Największym czynem Faradaya było jednakże niezmiernie doniosłe w skutkach odkrycie indukcji elektromagnetycznej w roku 1831. Odkrycie to dało bowiem ludzkości nowe maszynowe źródła energii elektrycznej, wywołując kompletny przewrót przemysłowy a wskutek tego i ekonomiczny. W tym samym roku 1831, w którym Faraday odkryciem swoim rozpoczął nową epokę w rozwoju elektrotechniki, przyszedł na świat, również w Anglii, James Clark Maxwell. Faraday jest mu mistrzem, a nauka zdobywa w młodym fizyku równie genialnego, jakkolwiek zgoła odmiennego pracownika. Oryginalne pomysły i idee Faradaya, przetrawione przez głęboki, matematycznie wyszkolony, umysł Maxwella, dają w rezultacie wiekopomne dzieło „A Treatise on Electricity and Magnetism“ wydane przez Maxwella w roku 1873, a więc w sześć lat po śmierci Faradaya. Zawarta w tem dziele nowa, t. zw. Maxwellowska teoria elektromagnetyczna, uzupełniona zdumiewającymi doświadczeniami przez nieśmiertelnego Henryka Rudolfa Hertza, ogłoszonymi w dziele p. t. „Die Ausbreitung der elektr. Kraft“ (1888), stanowi dotąd źródło, z którego nauka i praktyka ciągle jeszcze czerpią swe soki odżywcze.

Upojona haszyszem genialnych myśli Maxwella, studentnia Elektrotechniki, wydaje na świat cudowne dziecko naszych czasów — Radiotechnikę. W ożywczych promieniach dwu olbrzymich słońc na niebie nauki, Faradaya i Maxwella, dziecię to wyrosło już na przepiękną dziewczę, dając nieśmiertelną sławę całemu legjonowi wynalazców z Wilhelmem Marconim na czele. Wnuczka Wło-

cha Galvaniego, Włochowi znów uwieńczyła skronie najwspanialszym wawrzynem.

Volta, Faraday, Maxwell, to trzy gigantyczne drogowskazy na olśniewającym szlaku rozwoju Elektrotechniki. Stateczną od wieków elektryczność Volta zaprzęga w kierat ciągłego ruchu kołowego. Utajoną w przewodnikach w postaci elektronów, Faraday zmusza do szalonych oscylacji w działaniach indukcyjnych. Gdzie tylko dosięga drut, wiodący tajemniczą elektryczność, tam roje składających ją elektronów wykonują pracę tytanów. Maxwell wyzwala ich siły z metalowego więzienia, każąc im biec z oszałamiającą prędkością światła na krańce świata. Dzięki tym trzem mocarzom ducha, zdobyła ludzkość panowanie nad siłą przyrody, której istoty dotąd nawet nie przeniknęła. Przypatrzmy się zdobyciom, jakie dało ludzkości ujarzmienie tej tajemniczej siły przyrody w ciągu minionych 138 lat rozwoju elektrotechniki.

Telegraf.

Przesłanie wiadomości z Maratonu do Aten o zwycięstwie Greków nad Persami w roku 490 p. Ch. wymagało przy odległości 42 *km* około 4 godziny czasu i kosztowało... życie ludzkie. Hoplita ateński zdołał wymówić tylko jedno słowo „zwyciężyliśmy“ i padł martwy wskutek wycieńczenia długim biegiem.

W 2300 lat później (1810) nawet niecierpliwy i wielki Napoleon musi poczekać 5 godzin na przesłanie depešy o 10-ciu słowach telegrafem optycznym braci Chappe z Paryża do Strassburga, czyli na odległość 500 *km*. Szybkość tej transmisji telegraficznej przewyższa tylko 2-krotnie prędkość lotu gołębia pocztowego (50 *km/godz*), używanego przez kilkanaście stuleci do przesyłania wiadomości.

I oto przychodzi do głosu elektrotechnika. Skonstruowany w roku 1837 przez Samuela Morse'a pierwszy zdalny do użytku telegraf elektromagnetyczny, nadaje jedną depešę, czyli 10 słów w ciągu jednej minuty i już w roku 1904, w czasie wojny rosyjsko-japońskiej, umożliwia (dzięki zastosowaniu przekaźników czyli t. zw. relais), bezpośrednio połączenie Petersburga z Mukdenem na odległość 9000 *km*.

W dwadzieścia trzy lata później aparat Hughes'a, wynaleziony w roku 1860, posiada już wydajność 30 słów na minutę i odbiera depešy wprost literami, zamiast w znakach Morse'a. Hughes'a dystansuje wnet Wheats-

tone, konstruując w roku 1870 aparat, nadający mechanicznie, przy pomocy taśmy dziurkowanej, zdumiewającą na owe czasy ilość 160 słów na minutę. I ta wydajność nie może jednak sprostać wymaganiom. W ciągu kilkunastu lat istnienia, telegraf przestaje być narzędziem, którym posługują się jedynie monarchowie, wodzowie walczących armji, dyplomaci i wielcy kupcy i staje na usługi całego społeczeństwa. Wymaga to oczywiście dalszego powiększenia wydajności.

W 1912 roku konstruuje więc Siemens aparat nadający mechanicznie (przy pomocy taśmy dziurkowanej) 200 słów na minutę. Wreszcie wynaleziony w roku 1910 i ulepszony w ostatnich czasach aparat Western Electric C. zdolny jest nadać mechanicznie, przy systemie sześciokrotnym, 300 słów na minutę.

Jeżeli zważymy, że człowiek zdoła wymówić maximum 100 słów w minucie, zrozumiemy co znaczą powyższe cyfry. Aparat Western Electric nadaje nasze myśli trzy razy prędzej niż zdoła je wypowiedzieć najbiedniejszy człowiek, a drut telegraficzny przynosi je na odległość tysięcy *km* za wynagrodzeniem, które starczyłoby zaledwie na wysłanie posłańca do rogatek miasta.

O użyteczności telegrafu najlepiej zaświadczą cyfry. W roku 1927 kraje należące do Wszechświatowego Związku telegraficznego posiadały łącznie okragło 200.000 aparatów telegraficznych. Długość linii telegr. wynosiła w tym roku około 18 milionów *km*, czyli przewodami temi możnaby opasać 500 razy kulę ziemską wzdłuż równika. Ogółem nadano roku 1927 około miljarda depeesz.

W Polsce mieliśmy w roku 1927 4032 stacyj telegr. w tem 1911 aparatów Morse'a używanych jeszcze wszędzie na liniach o słabym ruchu, 193 aparatów Hughesa i 7 aparatów Siemens'a do obsługi linii o silnym ruchu.

Telegramów nadano w Polsce w r. 1927 ogółem 14,547.203. Przechodnich przez Polskę było 20,708.075, zagranicznych 2 miliony. Łączna długość przewodów telegraficznych wynosiła w Polsce w roku 1927 (razem z kablami) 84.500 *km*.

Suche powyższe cyfry muszą okrasić zabawną anegdotą. W początkowych latach rozwoju telegrafu, Reuter, właściciel poczty gołębiowej w Kolonji, skarżył się przed Wernerem Siemensem, że konkurencyjny telegraf elektryczny podkopuje byt jego przedsiębiorstwa. Kiedy mu Siemens radzi przejść na ruch elektryczny, woła zrozpa-

czony: „A cóż mam zrobić z mojami gołębiami“. Zamieniła pan na elektryczność, brzmiała odpowiedź. Reuter posłuchał tej rady i dziś Agencja telegraficzna Reutera jest przedsiębiorstwem światowej sławy, rozsyłającym wiadomości na całą kulę ziemską.

Telefon.

Jeszcze w roku 1881 największą atrakcją Wielkiej Wystawy Paryskiej był telefon, wynaleziony przez Grahama Bella w roku 1876. Tysiące gości wystawowych cisnęło się w dwu wielkich salach telefonicznych, staczając walki o miejsca, by ze wzruszeniem posłyszeć produkcję opery paryskiej, transmitowanych drutami na teren wystawy. Dziś pierwszy lepszy kupczyk załatwia telefonem tysiączne interesa, nie objawiając przytem żadnego wzruszenia, chyba, że został źle połączony.

Pierwotny telefon Bella składał się ze sztabki manganu, zaopatrzonej na końcu w cewkę z membraną żelazną. Przyrządy, nadawczy i odbiorczy, miały identyczną konstrukcję, tak, że każdy z nich mógł służyć zarówno do nadawania jak i do odbierania dźwięków.

W roku 1878 prof. Hughes, amerykańnik wynalazł oddzielny przyrząd do nadawania, mikrofon. Początkową, niedogodną konstrukcję z pałeczkami węglowymi ulepszył następnie Edison, zastępując je drobnymi ziarnkami specjalnie spreparowanego węgla.

Przez czas 53 lat swego istnienia zasadniczy ustrój telefonu z mikrofonem pozostał bez zmian. Udoskonalenia miały na celu głównie zabezpieczenie stałości działania, umożliwienie transmisji na dalsze odległości (przez dodanie transformatora), zwiększenie wrażliwości mikrofonu i czułości telefonu. Dodano jedynie bateryjną względnie indukcyjną sygnalizację.

Większe trudności okazało początkowo przewyciężenie wielkich odległości. Zwykle żelazne przewody telegraficzne, których pierwotnie używano również do telefonowania, umożliwiały transmisję telef. zaledwie na odległość 200 *km*. Zastosowanie przewodów miedzianych, względnie brązowych, zwiększyło możliwość telefonowania do 1000 *km*. Okazało się przytem jednak, że celem wyeleminowania przenoszenia rozmów na sąsiednie druty telefoniczne (wskutek indukcji) należy zaniechać posługiwania się ziemią, w miejsce przewodu powrotnego.

Tak zwana pupinizacja linii, polegająca na włączeniu w nie cewek indukcyjnych co 10—15 *km* wprowadzona w roku 1900 przez prof. Pupina, zwiększyła transmisję linii powietrznych do 3500 *km*, kabli (przy pupinizacji co 2—4 *km*) do 600 *km*.

Zastosowanie wreszcie wzmacniaczy katodowych, wynalezionych przez Lee de Foresta w roku 1912, dozwala telefonować na odległość, dochodzącą liczby 10.000 *km* na liniach napowietrznych i do 3000 *km* na kablach. Telefon kablowy nie zdołał opanować Oceanu, ale elektrotechnika uzyskała to połączenie z pomocą radja.

Udoskonalone dostatecznie, znalazły telefony olbrzymie zastosowanie praktyczne. Każde większe miasto posiada dziś centralne stacje telefoniczne, bądź obsługiwane przez telefonistki, bądź półautomatyczne (jak Poznań) lub automatyczne (jak Kraków). Centrale te dochodzą w wielkich miastach do olbrzymich liczb abonentów. Tak n. p. w roku 1927 miał N. York 1·5 miliona, Chicago 848 tys., Londyn 532 tys., Berlin 429 tys., Paryż 284 tys., Wiedeń 98 tys. abonentów. Warszawa miała ich w tym roku 38.487, Lwów ma obecnie (1929) około 8000 abonentów telefonicznych.

Ogółem było w roku 1927 na całym świecie około 30 milionów abonentów, z tego około 60% w samych Stanach Zjed. P. A., a około 28% w Europie. Na Polskę przypada z tego 146.420 stacyj telefonicznych z 2130 centralami. Ilość abonentowych rozmów telefonicznych wynosiła w roku 1927 na całym świecie 50 miliardów a ogólna długość przewodów telefonicznych w sieciach abonentowych wynosi na całym świecie około 150 milionów *km*, w Polsce około 600.000 *km*.

Specjalne kable telefoniczne, wyrabiane obecnie, mogą mieścić aż do 1200 par przewodów w jednym płaszczu ołowianym.

Głośno mówiące telefony, czyli t. zw. megafony mogą być słyszane w promieniu kilku *km*. Już w roku 1922 mowę prezydenta Stanów Zjednoczonych słyszało równocześnie 100.000 ludzi w Arlington, 30.000 w Nowym Yorku i 20.000 w St. Francisco.

Powyższe cyfry nie potrzebują chyba żadnych komentarzy, ilustrują one aż nadto dobrze potrzebę i użyteczność telefonu.

Światło elektryczne.

W dniu 21 października b. r., mija 50 lat od dnia, w którym sławny Alva Edison dokonał w Ameryce epokowego wynalazku żarówki elektrycznej o włóknie węglowym. W dniu tym, za naciśnięciem kontaktu przez sędziwego wynalazcę zagaśnie w jednej chwili światło elektryczne w całych Stanach Zjednoczonych, by po chwili, znów za ruchem jego ręki, rozbłysnąć na nowo w miliardach świec. W taki to oryginalny sposób Ameryka pragnie uczcić swego wielkiego syna i okazać wszystkim swym obywatelom czem był jego wynalazek.

Po niezliczonych próbach i pracy bez wytchnienia, po tysiącnych nieudanych doświadczeniach z drutami platynowymi, preparowanymi w najrozmaitszy sposób, gdy już samemu Edisonowi zdawało się, że podjętego zadania niezdola rozwiązać, porzuca wreszcie wielki wynalazca drogą i niewdzięczną platynę i zastępuje ją włókniem węglowym, osiągając pełne zwycięstwo (1879). Może być, że pamięć tych nadludzkich wysiłków o jakich dziś, biorąc do ręki żarówkę, nie mamy wcale pojęcia, znalazła wyraz w sławnym zdaniu Edisona, „że w każdym wynalazku mieści się tylko 3% pomysłowości, a 97% prób i pracy doświadczałnej!“ Wszak zjawisko żarzenia się drutu przy przepływie prądu elektrycznego znane było już w pierwszych latach po odkryciu przez Voltę stosu elektrycznego. Niemniej jednak trzeba było aż 80-ciu lat mozolnych prób i niesłychanych wysiłków, aby obdarzyć ludzkość jednym z najdobroczynniejszych wynalazków elektrotechnicznych — światłem elektrycznym żarowem.

Żarówek węglowych dziś nie używamy prawie wcale. Zużywają one około 3-5 W na świecę t. j. 7 razy tyle co obecna żarówka wolframowa wysokoświecowa. Nie umniejsza to jednak zupełnie zasługi Edisona, gdyż w czasach tryumfalnego pochodu żarówki węglowej, platyna była jedynym znanym metalem, dopuszczającym wysoką temperaturę żaru, konieczną dla produkcji światła.

Węglowe żarówki zainstalowane w Europie po raz pierwszy w ilości 1000-ca sztuk na wystawie paryskiej w roku 1881, zyskały wnet olbrzymie zastosowanie i utrzymały się na rynku światowym okrągło przez lat 20, dopiero bowiem koniec XIX wieku przynosi w tej dziedzinie nowe wynalazki. W roku 1897 wprowadza prof. Nernst nową lampę żarową z palnikiem sporządzonym z tlenków toru i cyrkonu o zużyciu już tylko 1.8 W/św. Żarówkę tę

wypiera jednak szybko lampa z drutem osmowym o zużyciu już tylko 1·5 W, wynalazku Dr. Auera z roku 1898. Z kolei i ta żarówka zostaje wyparta przez wynalezioną przez Boltona w 1903 lampę z drutem tantalowym, która wprawdzie zużywała tyle samo watów na świecę co osmówka, a nawet nieco więcej, ale okazała się nierównie trwalszą. Ale i tantalówka ginie w walce konkurencyjnej o zużycie prądu, gdy w roku 1903 zjawiają się pierwsze lampy wolframowe Dr. Justa i Hanamanna. Wolframówki zużywają bowiem już tylko około 1 W/św i okazują się równie trwałe jak tantalówki. Około roku 1913 pojawia się wreszcie ostatni krzyk techniki, lampa wolframowa gazowa, o użyciu $\frac{1}{2}$ W/św, wprowadzona na rynek europejski przez trzy firmy równocześnie: Allgemeine-Elektrizitätsgesellschaft, Deutsche Gasglühlicht A-G. i Siemens & Halske A. G.

Lampy gazowe wyrabiane są obecnie fabrycznie do mocy 5000 W czyli 10.000 świec w jednej jednostce. W ubiegłym roku zaprodukowała firma „Philips“ lampę o mocy 10.000 W czyli 20.000 świec. Jedną taką lampą umieszczoną w odpowiedniej wysokości możnaby już oświetlić bezmała całe miasteczko.

Poza lampami żarowymi znalazły początkowo zastosowanie także lampy łukowe (od roku 1846), obecnie mało używane. Późniejsze lampy rtęciowe używane są głównie do celów leczniczych. Lampy jarzące (neonowe i inne) znalazły zastosowanie do reklamy.

Zużycie do oświetlenia wynosi mniejwięcej około 15% całkowitej mocy. W Polsce mielibyśmy w ten sposób w bieżącym roku około 150 milionów świec elektr., na całym świecie z pewnością kilkadziesiąt miliardów.

Maszyny elektryczne i prostowniki.

Pierwszą maszynę elektryczną skonstruował Pixii w Paryżu w roku 1832, a więc w rok po odkryciu indukcji elektromagnetycznej przez Faradaya. Zarówno ta maszyna, z rotującymi magnesami stalowymi, jak i późniejsza Siemens'a z roku 1857 z nieruchomymi magnesami, zdolne byłyby wydawać jedynie prąd zmienny. Moc pierwszych maszyn była bardzo mała i służyły one głównie do celów laboratoryjnych.

Pierwszą maszynę prądu stałego skonstruował Włoch Dr. Antoni Pacinotti w roku 1860 we Florencji. Maszyna ta nie znalazła jednak zastosowania. Prototyp dzisiejszej

dynamomaszyny zbudował niezależnie od Pacinotti'ego Zenobjusz Teofil Gramme w roku 1870 w Paryżu. Zarówno maszyna Pacinotti'ego jak i pierwsze maszyny Gramme'a posiadały magnesy stalowe. Już jednak w 1871 roku wprowadza Gramme elektromagnesy z samowzbudzeniem, na zasadzie odkrytej przez Wernera Siemensa.

Pierwsze maszyny, używane głównie do celów elektrochemicznych, posiadały zaledwie moc kilku KM i były dwubiegunowe. Pierwszą maszynę wielobiegunową zaprezentowano publicznie na wystawie paryskiej w roku 1881. Uzwojenie bębnowe twornika, w miejsce uzwojenia pierścieniowego Gramme'a podał pierwszy Hefner-Alteneck w roku 1872.

W ciągu dalszych lat, rozwój maszyn prądu stałego szedł głównie w kierunku zwiększenia mocy, polepszenia komutacji i zwiększenia sprawności. Postęp w tym kierunku najlepiej uwydatnią cyfry. Około roku 1881 maszyna o mocy 4 kW i napięciu 110 V przy tysiącu obrotach ważyła około 600 kg i miała sprawność $\eta = 0.65$. Dziś taka maszyna waży około 200 kg a jej sprawność dochodzi do 0.80. Jeszcze w roku 1891 podziwiano na wystawie Frankfurckiej dynamo o mocy 500 KM, dziś konstrukcja turbogeneratorów i motorów prądu stałego o mocy kilkunastu tysięcy kW nie sprawia większych trudności. Budowę tak wielkich jednostek prądu stałego umożliwiło wprowadzenie biegunów pomocniczych, uzwojenia kompensacyjnego, oraz rozwinięcie teorii komutacji. Napięcie maszyn prądu stałego nie przekraczało do niedawna kilku tysięcy voltów. W ostatnim czasie dokonano podziwu godnej budowy maszyny dynamo o napięciu 15.000 V przy 150 kW mocy.

Rozwój maszyn dynamo czyli generatorów prądu stałego, postępujący do niedawna niezmiernie szybko naprzód, doznał kilkanaście lat temu zahamowania i uległ zdystansowaniu przez rozwój generatorów prądu zmiennego. Jakkolwiek maszyny prądu zmiennego były wcześniej znane niż maszyny prądu stałego, to jednak dopiero po wynalezieniu około roku 1883 transformatora i odkryciu przez Ferrarisa magnetycznego pola wirowego (1887) zyskały szersze zastosowanie.

Dziś buduje się przeważnie tylko elektrownie prądu zmiennego. W wielkich takich elektrowniach moc generatorów dochodzi do kilkudziesięciu tysięcy kW. Największy generator prądu zmiennego, zbudowany przed dwoma laty przez firmę Brown-Boveri dla Zakładu Hell Gate w Ame-

ryce rozwija moc 160.000 kW czyli 218.000 KM. Aby zobrazować tę liczbę wystarczy powiedzieć, że jeden taki olbrzym elektryczny byłby w stanie pokryć łączne zapotrzebowanie wszystkich większych miast polskich. Sześć takich generatorów wystarczyłoby na pokrycie mocy elektrycznej całej Polski, wynosi ona bowiem w roku obecnym około jednego miliona kW. Powyższy kolos elektr. zużywa na dobę (przy pełnym obciążeniu) około $2\frac{1}{2}$ miliona *kg* czyli 250 wagonów węgla! Przy zasilaniu samych żarówek wysokoświecowych dałby ów generator iluminację w postaci 320 milionów świec. Dostarczona przez niego w ciągu doby energia elektryczna, sprzedana po cenie lwowskiej (67 gr. za kWh) dałaby przeszło $2\frac{1}{2}$ miliona złotych!

Największy motor prądu stałego zbudowano na 32400 kW czyli 44000 KM o 105 obrotach dla walcowni.

Prostowniki rtęciowe buduje się dziś do 4000 A przy 800 V. W badaniu są prostowniki na 20000 A i 300 V.

W przemyśle chemicznym pracują maszyny prądu stałego o prądzie dochodzącym do 12000 A przy 500 V napięcia i 250 obrotach. Specjalne transformatory hutnicze wykonuje się dziś do 100000 A przy 240 V.

Tramwaje i koleje elektryczne.

Pierwszą kolej elektryczną przedstawił Werner Siemens w roku 1879 na wystawie przemysłowej w Berlinie. Mizerny to był początek. Mała lokomotywa elektryczna, którą możnaby zmieścić pod stołem, posiadała motor o mocy trzech KM i sile pociągowej przy ruszaniu 200 *kg* a podczas ruchu 80 *kg*. Rozwijiała ona szybkość do 12 *km*, ciągnąc 3 wagony o pojemności 18 ludzi.

Dziś po upływie 50 lat amerykańskie lokomotywy elektryczne osiągają mocy 7000 KM, przy ciężarze 580 t.

Początkowo rozwój trakcji elektr. szedł głównie w kierunku budowy tramwajów elektr., przy użyciu — jak zresztą i dzisiaj, prądu stałego. Obecnie rozpoczął się także intensywny rozwój kolei elektr. szczególnie w Ameryce. Obecnie mamy na całym świecie 30.000 *km* trasy kolei elektr. Stanowi to jednak drobny ułamek długości trasy parowej. (Stany Zjednoczone 0·8, Europa średnio około 3%). Jedynie Szwajcaria wybiła się na pierwszy plan, elektryfikując do roku 1928, 1566 *km* trasy, czyli 26·2% wszystkich linii kolejowych kraju.

Tramwaje miejskie pracują dziś przeważnie przy napięciu 500 V. Napięcie kolejowych linii elektr. dochodzi do 22.000 V (Ameryka). W Europie środkowej i północnej znormalizowano napięcie na 15.000 V, częstotliwość na $16\frac{2}{3}$. W Europie zachodniej, w kolonjach angielskich, oraz w Ameryce połud. przeważa zastosowanie prądu stałego o napięciu 600 do 1500 V. We Włoszech używa się do trakcji przeważnie prądu 3-fazowego o napięciu 3300 V.

Użyteczność tramwaju miejskiego w naszym kraju ilustrują następujące dane:

	Warszawa	Lwów	Kraków
Długość torów <i>km</i>	159 $\frac{1}{2}$	58 $\frac{1}{2}$	33 $\frac{3}{4}$
Przewieziono pasażerów	63,120.000	11,353.312	4,761.785
Przejechano wozokilometr.	3,829.432	689.400	111.744

W Polsce projektuje się obecnie elektryfikację kolejowego węzła warszawskiego.

Elektrownie i linje wysokiego napięcia.

Pierwsza elektrownia powstaje w Nowym Yorku w roku 1880, w rok po ukazaniu się żarówki Edisona. W Europie pierwszą elektrownię otrzymuje Paryż w 1881. Obecnie każde większe miasto zasilane jest prądem, bądźto z elektrycznych zakładów komunalnych bądź też prywatnych. Moc zakładów elektrycznych rośnie z roku na rok, dosięgając dziś olśniewających wielkości. Zakłady elektr. na wodospadach Niagary rozwijają dziś moc około miliona kW. Moc zakładów elektrycznych dystryktu Londyńskiego wynosi około 1,2 miliona kW. Paryż zasilany jest mocą około 600.000 kW, Berlin 700.000 kW. Moc zakładów elektr. Warszawy dosięga 50.000 kW, Lwów ma elektrownię o mocy 16.000 kW.

Największy zakład w Europie o mocy 600.000 kW budują obecnie Niemcy na rzece Our koło granicy Luksemburskiej. Moc wszystkich zakładów elektrycznych na ziemi szacuję obecnie na 80 milionów kW, ich produkcję roczną na 200 miliardów kWh (w tem około $2\frac{1}{2}$ miljarda kWh w Polsce). Aby sobie zdać sprawę co te liczby znaczą, trzeba uwzględnić, że jedna kWh jest równoważna pracy potrzebnej do podniesienia 367 ton na wysokość 1 m. Gdyby cała ludność globu ziemskiego, w liczbie okrągło 2 miliardów ludzi, zaprzęła się do olbrzymiego kieratu i pracę swą całkowicie zmieniała na energję elektryczną, musiałaby obracać ten kierat przez dwa miesiące po 10

godzin dziennie, aby wyprodukować 200 miliardów kWh, zużywanych dziś na całej kuli ziemskiej w jednym roku. W obliczeniu tem przyjąłem, że nawet niemowlęta pracowałyby z tą samą mocą $\frac{1}{6}$ kW, jaką zdolny jest rozwinąć dorosły mężczyzna. Przy pracy jedynie mężczyzn w wieku od 18 do 60 lat, w ilości $\frac{1}{6}$ całego zaludnienia ziemi, otrzymalibyśmy obecną światową produkcję energii elektr. gdybyśmy ich zaprzęgli do owego kieratu na cały rok po 10 godzin dziennie!

Ze wzrostem mocy zakładów elektrycznych rośnie też i napięcie elektrycznych linii przesyłowych. Dziś stosuje się praktycznie napięcia do 380.000 V w liniach napowietrznych o przewodach rurowych, a do 120.000 V w kablach 3-fazowych, izolowanych płynnym olejem (Pirelli). Laboratoryjnie doprowadzono do napięć około $2\frac{1}{2}$ miliona woltów, a przy wyzyskaniu elektryczności atmosferycznej do 8 milionów V, uzyskując wyładowania iskrowe do 18 m. Napięć tak wysokich potrzebuje obecnie fizyka do badań nad rozpadem atomów. Transformatory osiągają dziś moc 100.000 kW przy napięciach do 220.000 V.

Elektrometalurgia i elektrochemia.

Nie sposób tu, w krótkim odczycie, wyliczyć wszystkie choćby najważniejsze tylko zastosowania energii elektr. Muszę jednakże bodaj zaznaczyć, że cała olbrzymia produkcja światowa aluminium w ilości 212 milionów ton w roku 1927, pochodzi z pieców elektrycznych, że z jeszcze większej produkcji światowej miedzi, wynoszącej w roku 1927 1494 milionów ton, przeważna część zużywana jest na przewody i podlega elektrolitycznemu rafinowaniu. Przemysł akumulatorowy i kablowy zużywa większą część produkcji ołowiu (światowa produkcja w 1927 1819 milionów ton). Zużycie miedzi i ołowiu przybrało w ostatnich latach tak znacznie, że zachodzi obawa wyczerpania znanych dotąd kopalń w ciągu lat 30, jeżeli nie będą odkryte nowe złoża rudy.

Przemysł elektrometalurgiczny i elektrochemiczny zużywa obecnie na całym świecie około 40 miliardów kWh rocznie przy mocy około 4 milionów kW.

Ciekawą nowością w przemyśle elektrochemicznym jest zastosowanie elektrolizy związków żelaza do wydzielania żelaza wprost w postaci rur. Fabrykowane w ten sposób rury o długości do 4 m, średnicy do 200 cm i grubości do 7 mm znoszą ciśnienia do 60 atm. (Revue de Metallurgie 1923. Str. 434).

Ważne znaczenie szczególnie w rolnictwie ma elektrochemiczna produkcja związków azotowych, wszak 1 t azotu wprowadzona do gleby, zwiększa urodzaj zbóż o 20—25 t, ziemniaków o 100—140 t, buraków cukrowych o 200 t, a buraków pastewnych o 450 t.

Na drodze elektrotermicznej otrzymujemy karbid, karborund, kwarc, szlachetne stale. Elektrochemicznie wydzielamy sód, potas, wapń. Także produkcja tlenu i wodoru odbywa się w dużej mierze na drodze elektrochemicznej.

Elektrochemja stworzyła olbrzymi przemysł akumulatorowy. Pierwszy zdalny do użytku akumulator skonstruował Planté w r. 1860. Ulepszenie w postaci płyt masowych podał Faure w r. 1881. Płyty o dużej powierzchni wprowadziła firma Tudor w r. 1889.

Radjotechnika.

Głos ludzki, który transmitowany jest przez powietrze z prędkością 340 m, spotrzebowałby na przebycie przestrzeni między Europą a Ameryką (6800 km) okrągło $5\frac{1}{2}$ godzin czasu. Fala elektromagnetyczna wyzwolona z radjostacji, rozprzestrzeniając się z prędkością światła 300000 km/sek, odbywa tę drogę w ciągu $\frac{1}{44}$ sekundy, czyli przenosi głos 880000 razy szybciej. Dwóch ludzi jeden w Europie, drugi w Ameryce może obecnie rozmawiać ze sobą z pomocą radjostacji tak, jak przez powietrze w odległości 8 m. Jeżeli dodamy do tego, że telefonja przez Ocean nie da się uskuteczyć za pośrednictwem kabla, że więc radjotelefonja stanowi obecnie jedyny sposób przesyłania dźwięków do dalekich krajów zamorskich, zrozumiemy, czym jest ten najcudowniejszy z wynalazków elektrotechnicznych.

Radjotechnika jest klasycznym przykładem, jak z dociekań czysto teoretycznych powstaje zastosowanie o niezwykłej doniosłości praktycznej. Postawiona przez Maxwella w roku 1867 teoria rozprzestrzeniania się zaburzeń elektromagnetycznych, była jedynie genialnym płodem mózgu uczonego, obdarzonego nadzwyczajną intuicją i fantazją. Przez dwadzieścia lat stała osamotniona i była oglądana podejrzliwie przez współczesnych, aż zjawił się genialny eksperymentator Hertz i wykazał nietylko słuszność teorii Maxwella, lecz stworzył także podwaliny pod nową gałąź elektrotechniki - radjo.

Pierwszy zdalny do użytku radjotelegraf skonstruował Marconi w roku 1897. Ulepszenia wprowadzało cały szereg wynalazców: Braun (sprzężenie indukcyjne), Wien

(iskiernik), Poulsen (generator łukowy), Fessenden i Aleksanderson (generatory wysokiej frekwencji), Lee de Forest (lampy katodowe), Meissner (generator lampowy).

Szybkość rozwoju radjotechniki ilustrują następujące daty: w r. 1895 Marconi przeprowadza próby na odległość kilku *km*, w r. 1897 telegrafuje przez kanał Bristol w Anglii na odległość $14\frac{1}{2}$ *km*, w 1898 r. Marconi odbiera sygnały na odległość 140 *km*, w 1900 r. pierwsza większa stacja radjotelegraficzna Poldhu łączy się z Nową-Fundlandją na odległość około 3000 *km*. W 1902 r. zostało uzyskane połączenie radjotelegraficzne z Ameryką.

Obecnie możliwe jest przesyłanie sygnałów do miejsc znajdujących się na przeciwnej stronie kuli ziemskiej, czyli do t. zw. antypodów,

Rozwój radjofoniczny rozpoczął się około roku 1908, gdy nauczono się wytwarzać fale niegasnące. Pierwsze dalekosiężne połączenie radjofoniczne osiągnięto w roku 1915 między Paryżem i Waszyngtonem. Naogół radjofonja ma znacznie mniejszy zasięg niż radjotelegrafja

W ostatnich latach znalazła radjofonja zastosowanie do transmitowania wiadomości „dla wszystkich“, produkcji wokalnych itp. Powstał t. zw. „broadcasting“, czyli amatorski ruch radjotechniczny. Przybliżone cyfry wykazują około 35 milionów radjosłuchaczy w samych Stanach Zjednoczonych P. A., w Europie oceniają ich ilość na 8 milionów. Polska ma obecnie przeszło 200 000 radjosłuchaczy.

Amatorski ruch radjotechniczny nie ograniczył się jedynie do odbioru, przeszedł także do nadawania. Amatorowie wypierani w eterze z powodu „braku miejsca“ na coraz krótsze fale, zdobyli nie jeden sukces. Okazało się, że zasięg radjotransmisji rośnie w miarę zwiększenia częstotliwości drgań elektromagnetycznych, czyli w miarę skracania fali. Dozwoliło to, przy zejściu na fale bardzo krótkie (kilkanaście metrów) ograniczyć moc aparatu nadawczego do zdumiewająco małych wartości.

Europejski rekord osiągnął Francuz (F8FD), dając przy mocy około 0.3 wata odbiór (r2) w Nowej Zelandji (20 000 *km*). Polski rekord małą mocą wynosi 4500 *km* przy mocy 0.4 wata z nadawaniem anteną pokojową. Cyfry te muszą zdumiewać, jeżeli zważymy, że zwykła bateria elektrycznej lampy kieszonkowej rozwija moc 3 watów t. j. 10 razy więcej niż potrzeba do nadania sygnałów do Nowej Zelandji.

Ostatnie trzy lata przynoszą coraz udatniejsze próby rozwiązania problemu widzenia na odległość. Największe sukcesy święcą narazie Amerykanie w laboratorium To-warzystwa Bell-Telephone w Nowym Yorku. Już w r. 1927 produkowano w tem laboratorium pierwsze udatne transmisje telewizyjne na odległość 400 km. Obecnie czynione są dalsze próby, także w innych krajach, szczególnie w Anglii. Telewizja nastęrcza olbrzymie trudności, wymaga transmitowania tysięcy pojedynczych punktów obrazu w ułankach sekundy, celem uzyskania odbioru obrazu czyniącego złudzenie całości jednocześnie widzianej. Niewątpliwie doczekamy się jeszcze całkowitego rozwiązania i tego problemu. Tak zwana fultografja czyli przesyłanie rysunków na odległość jest starym wynalazkiem przystosowanym jedynie do radja.

Znaczenie i przyszłość elektrotechniki.

Co przyszłość przyniesie w rozwoju elektrotechniki trudno przewidzieć. Niepozorne dla laika doświadczenia Galwaniego z udami żabiemi, stanowiły punkt wyjścia do odkrycia przez Voltę nowego źródła energii elektrycznej i nowego działu nauki, galvanizmu, olbrzymiej doniosłości. Wahania igielki galvanometru załączonego w przewod, poddany działaniu ruchomego magnesu, obserwowane przez Faradaya, rozpętały w dalszym rozwoju, elektromagnetyczne moce, zdolne wykonywać pracę milionów koni mech. i posłuszne na skinienie człowieka, gdy umie je zaprządzić do pracy, lecz zdolne także zetrzeć na proch nieostrożnego śmiałka, nieświadomego ich tajemnic. Fantazje naukowe genialnego Maxwella, wsparte obserwacjami Hertza nikłych iskierek między końcówkami kabłąka drutu, zapełniły falami elektromagnetycznymi cały obręb kuli ziemskiej tak gęsto, że już dziś brak miejsca w okalającej ją przestrzeni.

W ciągu 138 lat rozwoju elektrotechniki, dwie generacje ludzkie dokonały gigantycznej pracy, usuwającej w cień to wszystko, co przed odkryciem Galwaniego i Volty wykonały wszystkie pokolenia ludzkie w ciągu 24 wieków, t. j. od czasu Thalesa z Miletu, opisującego 600 lat przed N. Ch. pierwsze działania elektryczne, zaobserwowane na potartym bursztynie.

Dzięki elektrotechnice doznają zrealizowania fantastyczne pomysły, które jeszcze kilkadziesiąt lat temu naraziłyby autora na grube podejrzenia co do zdrowego stanu jego zmysłów. Uczniacy co jeszcze kilka lat temu grali

w pliszki, dziś z pomocą pudeł z drutami, lampkami, kondensatorami, podsłuchują eter lub ślą pozdrowienia do antypodów. Pierwszy lepszy robociarz lub chłop może dziś mieć dzięki elektrotechnice lepsze i higieniczniejsze oświetlenie niż za pradziada jego mieli monarchowie.

Elektrotechnika nie tylko oświetla drogi i warsztaty pracy ludzkiej, lecz także oświeca głowy, rodzi cześć dla nauki, wznieca zapał do pracy, budzi podziw dla postępu.

Dziki, będący na łasce kaprysów przyrody, prowadzi życie nędzne, a troska o wyżywienie i utrzymanie życia zatruwa mu każdą godzinę. Nauka a z nią postęp techniczny, przemysłowy, rolniczy, ekonomiczny, czyli ogólnie postęp kulturalny, wyzwoliła człowieka z tego marnego stanu, w jakim niewątpliwie pędzili życie nasi odlegli przodkowie na ziemi. Dzięki nauce zniknęło niewolnictwo, żywych niewolników zastąpiły maszyny, nowocześni niewolnicy z metalu. Żyjemy jeszcze wprawdzie w czasach najemnictwa, ale i ta ostatnia upokarzająca człowieka zależność może zniknąć, gdy uda się wreszcie dobywać energię elektryczną bądźto wprost z energii słońca, bądź też na drodze chemicznej lub termicznej w sposób nierównie doskonalszy niż dzisiaj.

Wystarczy uprzytomnić sobie, że dziś na każde sto wagonów węgla spalanych pod kotłami nowoczesnej elektrowni ledwie 18 wagonów przerobionych zostaje na energję elektr., a reszta ginie bezużytecznie, aby zrozumieć, jak nam jeszcze daleko do doskonałości.

Gdy poznamy lepiej budowę materji, gdy odkryjemy tajemnicę istoty elektryczności, gdy nauczymy się czerpać energję utajoną w atomach, świat zmieni oblicze równie radykalnie, jak go zmienił do dziś od czasu pierwszych odkryć Galvaniego i Volty. Generacje, które tego doczekają, będą świadkami takiego postępu, wobec którego nasz obecny wydawać się będzie igraszką. Postęp ten dokona się tem prędzej, im większą opieką otoczymy tych, którym go zawdzięczamy. Możliwa praca milionów pracowników może tylko zwiększać materialne dobra ludzkości. Postęp zawdzięczać będzie ludzkość zawsze tylko nielicznym jednostkom pracującym twórczo. Wśród tych, co w awangardzie tyczą nowe szlaki, pierwszy hufiec stanowią dziś elektrofizycy i elektrotechnicy. Do nich należy przyszłość, od nich zależy przyszłość.

Zakończenie.

W plejadzie świetnych nazwisk, lśniących na szlakach rozwoju elektrotechniki niby gwiazdy pierwszej wielkości, brak zupełnie nazwisk polskich. Nie można się temu dziwić. Narodziny i pierwsze lata rozwoju elektrotechniki przypadają na tragiczne dla Polski czasy drugiego (1793) i trzeciego (1795) rozbioru. W roku 1791, gdy uczeni na zachodzie entuzjazmowali się odkryciami Galwaniego, u nas ogłoszono Konstytucję 3 Maja. Odkrycia Volty, przypadają w Polsce na czasy ucisku narodowego Katarzyny II, czasy Powstania Kościuszkowskiego i lata Legjonów. W atmosferze bitew, konfiskat majątków i zsyłek na Sybir trudno było pielegnować, czy rozwijać nową gałąź nauki. Nie lepsze warunki znajduje rozwój elektrotechniki w Polsce i w dalszych latach. Epokowe odkrycie Faradaya w 1831 zastaje nas w ogniu i krwi Powstania Listopadowego. Czasy odkryć generatorów elektr. przypadają na tragedję roku 1863 i ponure czasy Murawiewa Wieszatela. Ginie kwiat inteligencji polskiej lub zapełnia lochy więzień i tajgi sybirskie. Problem odzyskania wolności Ojczyzny usuwa w cień wszystkie inne myśli Polaka na schyłku XIX wieku. Nic dziwnego przeto, że początek wieku XX zastaje nas cofniętych o sto lat wstecz na polu elektrotechniki. Straszliwy ten dystans nie trwał jednak długo, bo oto na niebie nauki rozbłyska wszechświatową sławą nowe nazwisko Marji Skłodowskiej, już polskie — już nasze! Rzucając na szalę nauki to wielkie nazwisko związane z nieśmiertelnem odkryciem radu, polonu i ciał pokrewnych, stanęliśmy jednym skokiem w odległym od nas o lat sto czołowym plutonie garstki wielkich genjuszów, tyczących masom szlaki dalszego postępu w nauce o elektryczności.

Epokowe to zdarzenie, fundujące nową naukę o budowie materji, przypada na czasy, kiedy myśl o Polsce wyrażać się mogła jedynie w napisach na sztandarach „Jeszcze nie zginęła“. Dziś, gdy już 10 lat oddychamy wolnością, gdy w znoej pracy znaczymy swe istnienie od Gdyni po Poznań poprzez Chorzów i Mościce, gdy już pełną swobody pierśią zawołać możemy „Życie będzie w chwale i blasku Wielka i Nieśmiertelna“, czas otrząsnąć się z oparów krwi, miazmatów niewoli, lirycznych skarg, ponurych rozpamiętywań, czas i nam Polakom rzucić się do pracy twórczej na pożytek i chwałę Ojczyzny!

