

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XIII.

15 Grudnia 1931 r.

Zeszyt 24.

Redaktor inż. WACŁAW PAWŁOWSKI

Warszawa, Czackiego 5, tel. 690-23.

M I C H A E L F A R A D A Y

JEGO ŻYCIE, DZIEŁA, CHARAKTER

(Zarys biograficzny)*).

Tadeusz Czaplicki.

Wstęp.

Rok 1831 to data narodzin współczesnej elektrotechniki.

Dzieje wiedzy elektrycznej rozpoczynają się od roku 1628, kiedy Gilbert ustalił różnicę między elektrycznością a magnetyzmem. W dziejach tych wydarzeń najdonioślejszym z punktu widzenia elektrotechnika jest odkrycie indukcji elektromagnetycznej przez Faradaya w 1831 roku. Dzięki temu odkryciu rok 1831 jest pamiętną datą w historii kultury ludzkiej.

W tym roku, a wiemy nawet dokładnie którego dnia, — 29-go sierpnia, — mędrzec uderzył laską w skałę naszej niewiedzy i wytrysnęło z tej skały przeobfite źródło energii, — energii w jej najdoskonalszej postaci, mianowicie energii elektrycznej. Źródło to po dziś dzień bije coraz potężniej, źródło to obecnie, w naszych oczach, zalewa świat cały, źródło to służyć będzie ludz-

kości póty, póki istnieć będzie nasza cywilizacja.

Faraday nauczył nas w 1831 r. otrzymywać energię elektryczną z mechanicznej niezapomocą tarcia, jak to było do owego czasu, lecz przy pomocy pola magnetycznego. Dopiero ten nowy sposób dał nam możliwość wytwarzania elektryczności w dowolnych ilościach i udostępnienia jej wszystkim ludziom na ziemi.

Należy upamiętnić setną rocznicę tak doniosłego wydarzenia. Należy uczcić pamięć genialnego odkrywcy, tembardziej, że położył on dla nauki, prócz tej, szereg innych zasług wielkiej wagi, a następnie jeszcze i dlatego, że piękność jego oblicza duchowego rywalizuje z wielkością jego zasług naukowych.

Dzieciństwo i praktyka rzemieślnicza.

Michał Faraday przyszedł na świat jako syn ubożego kowala 22 września 1791 r. w Londynie, na prawym brzegu Tamizy, w gminie metropolitalnej Southwark, w pobliżu ruchli-

wego dzisiaj punktu, znanego pod nazwą Elephant and Castle. Matka jego również była prostą kobietą, córką fermiera. W rodzinie było czworo dzieci. Michał był trzecim z kolei dzieckiem.

Gdy miał lat pięć, rodzice jego zamieszkali w północnej części ówczesnego Londynu, w pobliżu Manchester Square (punkt, położony pośrodku między Hyde Parkiem i Regent's Parkiem w od-

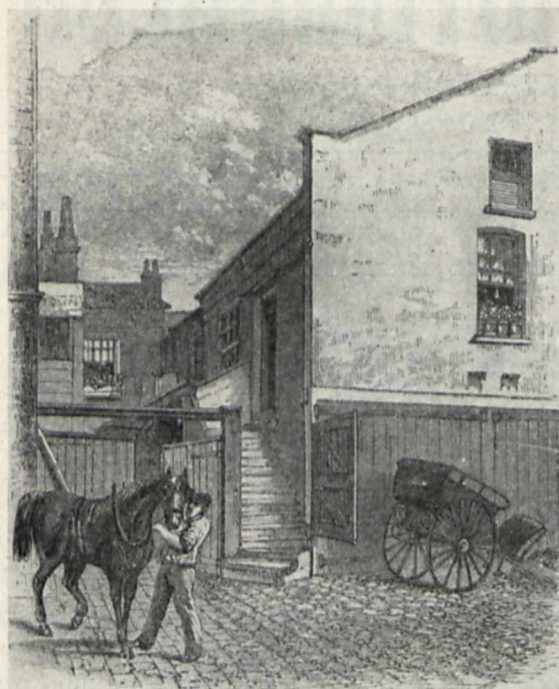


M. Faraday

Podobizna z 1857 r.

*) Wyciąg z odczytu, wygłoszonego we Lwowie 14 maja 1931 r. na walnym zgromadzeniu Stow. Elektr. Pol., połączonym z obchodem ku czci M. Faradaya w setną rocznicę odkrycia indukcji elektromagnetycznej.

Całkowity tekst odczytu łącznie z uzupełniającym go przemówieniem autora (pod tyt. „Faraday jako ojciec elektrotechniki”) na uroczystości w Warszawie w d. 6 listopada 1931 r. ukaże się w grudniu w formie oddzielnej broszury.



Dom na stajniach „przy studni Jakóba“, w którym Faraday mieszkał przy rodzicach od 5 do 13 roku życia.

ległości 10 minut od Marble Arch). Dom, w którym Michał mieszkał tu przy rodzicach w ciągu 8 lat swego dzieciństwa, a więc do 13-go roku życia, był domem przy stajniach (Jacob's Well Mews), których w owej epoce dylizansów było dużo. Rodzina Faradaya zajmowała ubogie mieszkanie na górze nad wozownią.

A więc w ścisłym znaczeniu słowa „przy stajniach“ wychował się jeden z największych geniuszów świata.

W ciągu owego 8-letniego okresu Michał rozpoczął i zakończył swoje wykształcenie szkolne, uczęszczając jedynie do szkoły elementarnej, gdzie poznał, jak sam mówił, „niewiele więcej ponad początki czytania, pisanie i rachunków“. To była cała wiedza, którą mu dano, resztę zdobył drogą samouctwa.

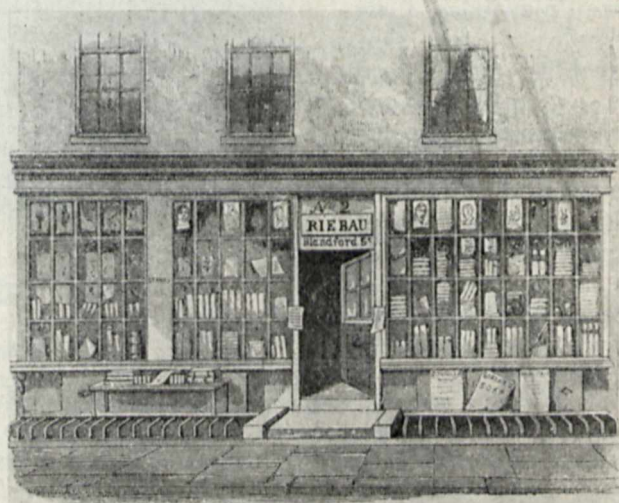
Gdy miał lat 13, zaczął pracować na własne utrzymanie, w tym bowiem wieku oddano go do pobliskiej introligatorni, połączonej z księgarnią i składem materiałów piśmiennych, na naukę rzemiosła. Tu spędził następnych 8 lat swego życia. Przez pierwszy rok służył jako chłopiec na posyłki i roznosiciel gazet, następnie przez 7 lat (od 7.X.1805 do 7.X.1812) terminował jako introligator.

W warsztacie introligatorskim zetknął się z książką, która jednak była dla niego nietylko materiałem do pracy rękodzielniczej. Wcześniej zainteresował się jej zawartością wewnętrzną i wcześniej zrozumiał, że książka naukowa jest źródłem, z którego może czerpać wiedzę, umiłowaną przezeń już wtedy. Czytając więc książki w godzinach wolnych od pracy obowiązkowej, zdobywał wiedzę, rozwijał swój umysł. Przez czytanie również opanował język literacki i wyrobił sobie styl zwięzły i poprawny.

Początek pracy Faradaya w Instytucie.

Rwący się do wiedzy Faraday-terminator znalazł wkrótce poza książkami nowe źródło nauki: zaczął uczęszczać na odczyty naukowe. W r. 1810 był pierwszy raz w życiu na wykładzie publicznym, na bilet dostał wtedy szylinga od brata Roberta. Wiosną 1812 r. był dzięki uprzejmej propozycji jednego z klientów introligatorni w Instytucie Królewskim na czterech wykładach Davyego z dziedziny chemii. Wykłady Davyego, wygłaszane z talentem, budziły wtedy zachwyt ogólny i ściągały licznych słuchaczy. Wywarły one silne wrażenie i na młodego Faradaya, który pilnie notował sobie treść każdego wykładu, a następnie w domu szczegółowo opracowywał notatki, odtwarzając wykłady niemal dosłownie. Przepisawszy potem cały tekst wykładów na czysto i zaopatrzywszy go we własnoręczne rysunki, Faraday sam oprowadził starannie te wykłady w postaci tomu książkowego.

Po ukończeniu jesienią 1812 r. terminu Faraday przeszedł już jako czeladnik, płatny na dniówkę, do innego zakładu introligatorskiego, lecz tu stosunki były bardzo przykre, co potęgowało w nim niechęć do rzemiosła i podsycalo marzenia o karierze naukowej. W grudniu 1812 r. wysłał do profesora Davyego list z prośbą o jakiegokolwiek zajęcie w pracowni naukowej Instytutu. Do listu dołączył sporządzone przez siebie notatki z wykładów wiosennych Davyego, licząc, że wtedy profesor potraktuje jego prośbę poważniej. Obawy Faradaya, że prośba jego może być bez żadnego rozważania odrzucona jako naiwne wystąpienie nikomu nieznanego czeladnika introligatorskiego, nie były niezasadnione, albowiem już kilka miesięcy przedtem Faraday zwrócił się z analogiczną prośbą do prezesa Towarzystwa Królewskiego („Royal Society“, instytucji, która odpowiada akademjom umiejętności na kontynencie) i wtedy, gdy się osobiście zgłosił do Towarzystwa w kilka dni po wysłaniu listu, oświadczono mu przez woźnego, że na jego podanie „odpowiedzi nie będzie“.



Księgarnia, skład materiałów piśmiennych i introligatornia, gdzie Faraday uczył się rzemiosła introligatorskiego od 13 do 21 roku życia.

1 marca 1813 r. mianowano Faradaya laborantem i preparatorem w Instytucie Królewskim. Tego dnia Faraday związał swoje losy z Instytutem do śmierci. Tego dnia Instytut Królewski związał swoją sławę z imieniem Faradaya na wieki.

Pierwsze samodzielne kroki na polu badawczym (1815 — 1820).

Po powrocie (w kwietniu 1815 r.) z zagranicy Faraday pracował w dalszym ciągu przy Davym, jako asystent w Instytucie Królewskim. Davy był wtedy zajęty budową swej „lampy bezpieczeństwa”, która miała zapobiegać wybuchom gazów w kopalniach. Sam Davy głośno przyznawał, że Faraday okazał mu bardzo wielką pomoc naukową przy urzeczywistnieniu tego wynalazku, za który nazwano Davyego dobroczyńcą ludzkości.

W latach następnych Faraday wykonywał, obok swych obowiązków asystenta w sali wykładowej, różnorodne prace chemiczne i fizyczne. Rozkwitał jako uczonec z zawrotną szybkością, w pracy badawczej wyzwalał się wkrótce spod kierownictwa naukowego profesorów. Uzdolnienia jego zwracają na siebie powszechną uwagę.

Już w roku 1816 wykonywał na zlecenie Davyego swą pierwszą najzupełniej samodzielną pracę — analizę wapna. Ogłoszone drukiem sprawozdanie z tej pracy było jego pierwszą publikacją.

W tym samym roku wygłasza swe pierwsze wykłady publiczne w formie 7 odczytów z dziedziny chemii. Wykłady te odbywały się w City Philosophical Society, stowarzyszeniu, założonym w r. 1808 przez grupę młodych i ruchliwych przyrodników. Faraday był członkiem czynnym tego stowarzyszenia od czasu otrzymania po raz pierwszy miejsca w Instytucie Królewskim.

W r. 1817 Faraday wykonał samodzielnie pierwszą pracę badawczą na temat własnego pomysłu: badał przepływ gazu w rurkach włoskowatych.

W latach 1819 i 1820 badał stopy stali, usiłując wynaleźć stal nierdzewiejącą głównie do wyrobu narzędzi chirurgicznych, brzytwy i do innych celów. Odrzucał na dobrą drogę, spodziewał się bowiem, że otrzyma ze stali materiał nierdzewiejący przez dodanie do niej innych metali (srebra, platyny, niklu, rodu, irydu i t. p.). Poszukiwania Faradaya nie doprowadziły do pomyslnych wyników, wykryły jednak pewne własności stopów.

W tym samym okresie Faraday odkrył nowe związki chloru z węglem, oraz nowy związek jodu, węgla i wodoru, wykonał szereg innych prac chemicznych, zbudował nowy przyrząd do spalania djamentu, wytworzył sztuczny grafit z węgla drzewnego i t. d.

Pierwsze odkrycie w dziedzinie elektryczności (1821).

W r. 1820 posypały się jedno po drugim oszałamiające odkrycia, które wywołały wielkie podniecenie w świecie naukowym, a przede wszystkim wśród fizyków, zajmujących się zjawiskami elektrycznymi. Były to odkrycia, dotyczące magnetycznego działania prądu. Pierwszym i najbardziej



Instytut Królewski, w którym Faraday pracował przez pół wieku i dokonał wszystkich swoich odkryć.

poruszającym z tych odkryć było odchylenie igły magnesowej pod wpływem prądu, zaobserwowane przez Oersteda. W ślad za nim zjawily się odkrycia Ampera, Arago, Sturgeona i in. Faraday był już zbyt głębokim znawcą natury, żeby nie zwrócić na te odkrycia uwagi, żeby ich należycie nie ocenić i żeby się nowymi zjawiskami nie zainteresować bliżej. Wszak to on powiedział o odkryciu Oersteda (w jakieś 25 lat później): „Rozwarło ono wrota dziedziny naukowej ciemnej do owego czasu i napełniło ją potokiem światła”.

Tłumaczenie nowoodkrytych zjawisk było zrazu bardzo mętne. Niejeden fizyk przeczuwał wprawdzie, że musi być możliwe wytworzenie przy pomocy prądu i magnesu jakiegoś stałego ruchu obrotowego. Myśl taką nasuwało wynikające z doświadczeń Oersteda działanie sił po stycznej wokół przewodnika z prądem. Lecz realizacja takiego ruchu nie była rzeczą łatwą. Trzeba było dopiero wielkiej intuicji i nadzwyczajnej pomysłowości Faradaya, żeby to przeczuwane wirowanie praktycznie urzeczywistnić. Faraday osiągnął skutek pomyslny dlatego, że ze zwykłą sobie śmiałością myśli przestał dopatrywać się w zjawisku elektromagnetycznym działania sił newtonowskich, jak to czynili inni fizycy. Nawiązując do ruchów igły magnesowej w pobliżu drutu z prądem, w takich słowach powiadał G. de la Rive'a we wrześniu 1821 r. o swem odkryciu: „ruchy nie są ani przyciąganiem ani odpychaniem, nie są też wynikiem żadnych sił przyciągających lub odpychających, lecz są wynikiem siły w drucie, która zamiast zbliżać bieguna do drutu lub oddalać go odeń usiłuje obracać go wokół drutu po zamkniętym kole i utrzymywać ruch, póki działa bateria. Udało mi się dowieść istnienia takiego ruchu nie tylko teoretycznie, lecz i doświadczalnie; jestem w stanie według upodobania wprawić w ruch wirowy drut wokół bieguna magnetycznego lub bieguna magnetyczny wokół drutu. Zasada wirowania, do której dają się sprowadzić wszystkie inne ruchy igły i drutu, jest prosta i piękna”.

Odkrycie wirowania elektromagnetycznego dało Faradayowi rozgłos wszechświatowy. Było jednak przez pewien czas powodem przykrości dla niego, albowiem w związku z tem odkryciem posądzono go o kradzież pomysłu Wollastona. Faradayowi udało się odeprzeć czynione mu z tego powodu zarzuty.

Inne prace, wykonane między trzydziestym a czterdziestym rokiem życia (1821 — 1831).

Były to przeważnie prace chemiczne.

W latach 1821 i 1822 pracował w dalszym ciągu nad nowymi związkami chloru i węgla oraz jodu i węgla. Wystąpił również z nowymi pomysłami w zakresie wirowania elektromagnetycznego i rozciągnął swe badania na inne ruchy magnesu względem przewodnika i przewodnika względem magnesu.

W r. 1823 obok zbadania i rozwiązania szeregu drobniejszych kwestji osiągnął wspaniały sukces, który mu przysporzył rozgłosu w świecie naukowym: skroplił szereg gazów, w tej liczbie chlor, stosując (nie bez narażenia swego życia) duże ciśnienia w niskich temperaturach.

W roku 1824 dał nam nowe doniosłe odkrycie: rozkładając olej ziemny w wysokiej temperaturze i skraplając gaz olejowy, wytworzył benzynę. Poza tem badał zjawiska dyfuzji gazów.

W r. 1825 usiłował odwrócić zjawisko Oersteda, to znaczy odkryć działanie magnesu na prąd. Przypuszczał, że „zbliżenie bieguna potężnego magnesu powinno zmniejszyć prąd” w przewodniku. Chciał również otrzymać prąd „przez indukcję”. W tym celu umieścił dwa równoległe druty ściśle jeden obok drugiego, oddzielając je jeno cienką warstwą izolacji; przez jeden drut przepuszczał prąd z baterji, końce drugiego połączył z galvanometrem i oczekiwał trwałego odchylenia galvanometru. W obu doświadczeniach spotkał go, oczyszczenie, zawód.

W r. 1826 odkrył kwas naftaleno-sulfonowy.

Od r. 1825 do r. 1830 Faraday pracował nad udoskonaleniem szkła optycznego, jako członek specjalnej komisji, wyłonionej do tego celu przez Towarzystwo Królewskie (Royal Society) przy poparciu rządu. W pracy nad rozwiązaniem tego zagadnienia Faraday brał bardzo czynny udział, gdyż wchodził w skład podkomisji z trzech uczonych, która miała bezpośredni nadzór nad wytwarzaniem szkła i wykonywała próby doświadczalne. Faradayowi poruczono badanie chemicznej

strony zagadnienia. W związku z temi pracami wybudowano nawet w 1827 r. w Instytucie Królewskim osobne pomieszczenie, w którym ustawiono piec do wyrobu szkła. W r. 1830 prace komisji zawieszono po osiągnięciu nikłych rezultatów, w szczególności o ile chodzi o szkło do teleskopów. Sam Faraday wyraził się w 15 lat później, że jedyny pozytywny wynik tych prac polegał na tem, iż zrobione przezeń ciężkie szkło przydało się Amiciemu (astronomowi włoskiemu) do mikroskopów, oraz jemu samemu do późniejszych badań nad światłem.

W związku z powyższymi badaniami Faraday ogłaszał liczne rozprawy, w których podawał do publicznej wiadomości wyniki swych prac. Poza tem wydrukował w ciągu rozważanego tutaj dziesięciolecia dużo innych artykułów z dziedziny chemji, fizykochemji i fizyki. Ogółem do r. 1831 ogłosił drukiem przeszło sto prac naukowych, z nich co najmniej 60 bardzo poważnych. W r. 1827 wydał w formie książkowej podręcznik pod tyt. „Chemical Manipulation”, obejmujący zasady praktyki laboratoryjnej.

Bardzo ruchliwą i rozległą działalność rozwiniął Faraday w ciągu tegoż dziesięciolecia jako wykładowca. W r. 1823 wygłosił pierwszy wykład w Instytucie Królewskim w zastępstwie prof. Brande'a, który był następcą Davyego od r. 1813 i zajmował katedrę w Instytucie do r. 1852.

W r. 1825 na wniosek Davyego, który wskazał, że „uzdolnienie i zasługi p. Faradaya, asystenta laboratorjum, czynią go godnym pewnego dowodu uznania ze strony zarządu”, zarząd Instytutu zamianował Faradaya „dyrektorem laboratorjum, podległym profesorowi chemji” (wówczas Brande'owi). W następnym roku zarząd „zwolnił go od obowiązków asystenta-chemika na wykładach wobec jego zajęć badawczych”, a w r. 1828 zaproszono go do brania udziału w posiedzeniach zarządu. Pierwszym krokiem Faradaya na stanowisku kierownika laboratorjum było zaproszenie członków Instytutu do odwiedzania laboratorjum w godzinach wieczorowych celem zaznajamiania się z wykonywanymi tam pracami. Te oto zebrania, połączone z referatami, demonstracjami i dyskusją, przekształciły się w następnym roku na owe głośne „wieczory piątkowe”, przeniesione później z laboratorjum do audytorjum i istniejące do dziś. Najgorliwszym i najczęstszym prelegentem na tych zebraniach był sam Faraday.



Podobizna Faradaya z r. 1831 (rok odkrycia indukcji elektromagnetycznej).

Odkrycie indukcji elektromagnetycznej

Gdy Faraday dobiegał czterdziestki, sława jego jako pierwszorzędnego uczonego była już ugruntowana w oczach całego świata. Gdyby życie jego tu się urwało, już imię jego nie zginęłoby w historii nauki. Lecz dzieło, dokonane przez Faradaya do owego czasu, było dopiero wstępem, było jeno zapowiedzią dalszych czynów, było ćwiczeniem skrzydeł do wyższych lotów. Prawdziwe arcydzieła twórczości Faradaya przypadają dopiero na okres późniejszy. Pierwszem z nich chronologicznie było odkrycie indukcji elektromagnetycznej.

Już w r. 1830 opanował Faradaya instynkt, podobny do tego, który obserwujemy w świecie biologicznym, gdy żywa istota ma wydać na świat potomstwo. Zaczął szukać ciszy i odosobnienia, w którym mógłby złożyć pług swej długoletniej myśli. Wyrzeka się wszelkich zarobków ubocznych, jak prywatne analizy chemiczne lub ekspertyzy sądowe, które mu zabierały dużo czasu, i ogranicza się do do swej skromnej podówczas pensji. Uchyla się od dalszej pracy w Komisji udoskonalenia szkła optycznego, żeby, jak się wyraził w liście oficjalnym, „móc zaznać przyjemności opracowania swych własnych idei w innej dziedzinie”. Redukuje swe stosunki towarzyskie, przestaje uczęszczać na posiedzenia. Zamyka się w swej pracowni, żeby tu w spokoju i skupieniu zagłębić się w pracy badawczej i ześrodkować swą uwagę całkowicie na jednym temacie.

Co to był za temat?

Były to właściwie dwa różne tematy, oba z dziedziny zjawisk elektrycznych. Różniami one były w umyśle Faradaya podówczas, gdy stał przed zagadką. Faraday nie przeczuwał nawet, że na oba pytania da mu wspólną odpowiedź jedno z największych praw przyrody do owego czasu nieznanne.

Naipierw chodziło Faradayowi o przetworzenie magnetyzmu w elektryczność. Myśl ta męczyła Faradaya od 9 lat. Stale nosił w kieszeni małeńki model elektromagnesu i w wolnych chwilach godzinami wpatrywał się weni, usiłując rozwiązać to zadanie. Drugą ideą, która zaprzętała umysł Faradaya, było odkrycie indukcji prądów: skoro ładunek, znajdujący się w stanie spoczynku na przewodniku, wywołuje ładunek indukowany na sąsiednim przewodniku, to — rozumował Faraday — i ładunek, znajdujący się w ruchu, czyli prąd, powinien wywoływać w sąsiednim przewodniku przez indukcję również zjawisko prądu.

29 sierpnia 1831 r. Faraday rozwiązał obie zagadki równocześnie po szeregu bezowocnych prób, czynionych w ciągu ubiegłych lat. Natura w dniu tym objawiła Faradayowi jedną z największych prawd: prąd można „indukować”, lecz jedynie za pośrednictwem magnetyzmu, i tylko pod warunkiem, że „magnetyzm” ten nie znajduje się w stanie spoczynku, do czego znów potrzeba, żeby pierwotny prąd nie był stały. Oto istota odkrycia, dokonanego w owym dniu historycznym.

W następnych kilku tygodniach Faraday wyświetlił zjawisko indukcji elektromagnetycznej w całej pełni, włączywszy w zakres swoich doświadczeń nie tylko pole prądu i stałego magnesu,

lecz również magnetyzm ziemski. Narazie Faraday wyjaśnił zjawisko tylko ze strony jakościowej, nie zdając sobie, oczywiście, jeszcze sprawy z energetycznego charakteru indukcji; pojęcie energii wszak nie było jeszcze znane.

Dzień 29 sierpnia 1831 r. jest wielką datą w dziejach wiedzy naszej, a więc i w dziejach ludzkości, gdyż w dniu tym zjawiła się głęboka myśl naukowa. Dzień ten musimy uważać za wielką datę w dziejach ludzkości jeszcze i dlatego, że prawda naukowa, odkryta w tym dniu, jest źródłem niezmiernego pożytku dla człowieka. Prawda ta, wyrwawszy się rychło z pracowni uczonego na rozległe przestrzenie praktyki, zapłodniła umysły już nie jednostek, lecz tysięcy, i doprowadziła do prawdziwej chluby naszych czasów, — do elektryfikacji. Technicy, przyswoiwszy sobie prawo indukcji elektromagnetycznej, stworzyli elektrotechnikę, — jedną z najpotężniejszych dziedzin pracy ludzkiej w dobie obecnej. Oto dlaczego świat naukowy i techniczny, a za niemi i ogół oświecony wszystkich krajów, wybrał do uczczenia zasług Faradaya nie żadną inną datę jubileuszową z jego życia, lecz właśnie setną rocznicę odkrycia indukcji elektromagnetycznej. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej należy niezawodnie do rzędu największych odkryć w zakresie wiedzy przyrodniczej, z punktu zaś widzenia utylitarnego jest ono rzeczywiście największym odkryciem, jakie znają dzieje współczesnej cywilizacji.

Znaczenie cywilizacyjne indukcji elektromagnetycznej najlepiej ilustruje fakt, że 300 miliardów kilowatogodzin, które obecnie spożywa w ciągu roku cały świat, wytwarzamy wyłącznie metodą, opartą na zasadzie indukcji, i że również na tej zasadzie oparte są przyrządy, zapomocą których przenosimy z miejsca na miejsce i zużywamy do celów użytecznych przeważającą część tej olbrzymiej ilości energii.

Dla lepszej oceny zasługi Faradaya należy podkreślić, że odkrycie indukcji nie było rzeczą przypadku, dostrzeżeniem faktu, który sam się na oczy nasunął, lecz było owocem wieloletnich rozmyślań, owocem zmuśnych, wytrwałych, świadomie kierowanych poszukiwań doświadczalnych. To samo zresztą należy powiedzieć o wszystkich innych wielkich odkryciach Faradaya.

Inne wielkie odkrycia i prace między czterdziestym a pięćdziesiątym rokiem życia.

W okresie czasu od 1831 do 1838 r. Faraday corocznie obdarzał naukę odkryciem zgoła wyjątkowej doniosłości. Był to w jego życiu niejako gorączkowy okres żniwny, w którym wydawał obficie najdojrzalsze i najdoskonalsze plody swej niezmordowanej pracy.

Po roku 1831, w którym odkrył indukcję, a ponadto wykonał szereg prac drobniejszych z zakresu akustyki i optyki (zjawiska stroboskopiczne), otrzymaliśmy zaraz w następnym 1832 roku prawo o identyczności elektryczności różnego pochodzenia. Praca ta położyła kres pokutującym jeszcze wówczas w nauce poglądom, że w naturze należy odróżniać kilka rodzajów elektryczności, a przede wszystkim elektryczność, otrzymywaną przez tarcie, od elektryczności, otrzymywanej

Aug 29th 1831.

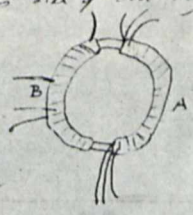
1. Expts. on the production of Electricity from Magnetism, etc. etc.

2. Have had an iron ring made (soft iron), iron round and 7/8 inches thick and ring 6 inches in external diameter. Wound many coils of copper wire round one half, the coils being separated by twine and calico — there were 3 lengths of wire each about 24 feet long and they could be connected as one length or used as separate lengths. By trial with a trough each was insulated from the other. Will call this side of the ring A. On the other side but separated by an interval was wound wire in two pieces together amounting to about 60 feet in length, the direction being as with the former coils; this side call B.

3. Charged a battery of 10 pr. plates 4 inches square. Made the coil on B side one coil and connected its extremities by a copper wire passing to a distance and just over magnetic needle (3 feet from iron ring). Then connected the ends of one of the pieces on A side with battery; immediately a sensible effect on needle. It oscillated and settled at last in original position. On breaking connection of A side with Battery again a disturbance of the needle.

4. Made all the wires on A side one coil and sent current from battery through the whole. Effect on needle much stronger than before.

5. The effect on the needle then but a very small part of that which the wire communicating directly with the battery could produce.



Charged a battery of 10 pr. plates 4 inches square. Made the coil on B side one coil and connected its extremities by a copper wire passing to a distance and just over a magnetic needle (3 feet from wire ring) then connected the end of one of the pieces on A side with battery immediately a sensible effect on needle. It oscillated and settled at last in original position. On breaking connection of A side with Battery again a disturbance of the needle.

Made all the wires on A side one coil and sent current from battery through the whole. Effect on needle much stronger than before.

The effect on the needle then but a very small part of that which the wire communicating directly with the battery could produce.

Aug. 29th, 1831.

1. Expts. on the production of Electricity from Magnetism, etc. etc.
2. Have had an iron ring made (soft iron), iron round and 7/8 inches thick and ring 6 inches in external diameter. Wound many coils of copper wire round one half, the coils being separated by twine and calico — there were 3 lengths of wire each about 24 feet long and they could be connected as one length or used as separate lengths. By trial with a trough each was insulated from the other. Will call this side of the ring A. On the other side but separated by an interval was wound wire in two pieces together amounting to about 60 feet in length, the direction being as with the former coils; this side call B.
3. Charged a battery of 10 pr. plates 4 inches square. Made the coil on B side one coil and connected its extremities by a copper wire passing to a distance and just over magnetic needle (3 feet from iron ring). Then connected the ends of one of the pieces on A side with battery; immediately a sensible effect on needle. It oscillated and settled at last in original position. On breaking connection of A side with Battery again a disturbance of the needle.
4. Made all the wires on A side one coil and sent current from battery through the whole. Effect on needle much stronger than before.
5. The effect on the needle then but a very small part of that which the wire communicating directly with the battery could produce.

29 sierpnia 1831 r.

1. Doświadczenia nad wytwarzaniem elektryczności z magnetyzmu i t. d. i t. d.
2. Kazalem zrobić pierścien żelazny (miękkie żelazo), żelazo okrągłe i 7/8 cala grube, a pierścien 6 cali średnicy zewnętrznej. Nawinięciem wokółu jednej połowy dużą ilość zwojów drutu miedzianego, pooddzielawszy je szpagatem i płótnem; było trzy odcinki drutu długości każdy około 24 stóp i można było łączyć je w jeden odcinek lub też używać ich osobno. Próba zapomocą baterji wykazała, że każdy był izolowany od innych. Te strony pierścienia będą nazywaly A. Po drugiej stronie i w pewnym odstępie był nawinięty drut w dwu kawałkach ogólnej długości 60 stóp, kierunek zwojów był ten sam, co w poprzednich uzwojeniach; tę stronę nazywam B.
3. Zaprawilem baterję z 10 par płyt po 4 cale w kwadrat. Zrobilem z uzwojeń po stronie B jedno uzwojenie i połączyłem jego końce drutem miedzianym, biegnącym na pewnej odległości tuż nad igłą magnesową (3 stopy od pierścienia żelaznego). Potem połączyłem koniec jednego z drutów po stronie A z baterją; natychmiast wyraźne działanie na igłę. Igła wykonywała wahania i w końcu uspokoiła się w położeniu pierwotnem. Przy przzerwaniu połączenia strony A z baterją znów zaniepokojenie igły.
4. Zrobilem ze wszystkich drutów po stronie A jedno uzwojenie i przesłałem prąd z baterji przez całość. Działanie na igłę znacznie silniejsze niż poprzednio.
5. Działanie na igłę wynosiło wtedy zaledwie bardzo małą część tego działania, które mógł wyrzucić drut, połączony bezpośrednio z baterją.

Stronica z dziennika Faradaya, opisująca pierwsze spostrzeżenie indukcji elektromagnetycznej, dokument, który należy uważać za akt narodzin elektrotechniki.

z ogniwa galwanicznego. Niekiedy wymieniano jeszcze jako coś odrębnego elektryczność „zwierzęcą”, elektryczność „kontaktową”, a od roku poprzedniego dorzucono jeszcze elektryczność „otrzymywaną z magnetyzmu”, albo „indukowaną”.

W r. 1833 dał nam Faraday w najzupełniej ścisłej formie dwa prawa elektrolizy, które rządzą wszystkimi procesami elektrolitycznymi i głoszą, że ilość materji, osadzanej na elektrodzie, jest proporcjonalna do ilości elektryczności i do równoważnika chemicznego. Rozkład elektrolityczny stanowi istotną podstawę licznych działań techniki, na których opiera się dziś szereg niezmiernie ważnych gałęzi wielkiego przemysłu elektrochemicznego (produkcja chloru, glinu, miedzi i t. p.), spozycywiających już miljarady kilowatogodzin rocznie.

Do odkrycia praw elektrolizy doprowadziło Faradaya badanie przewodności elektrycznej róż-

nych ciał w różnych stanach, w tej liczbie roztworów i ciał roztopionych. W związku z tem odkryciem Faraday stworzył voltometr, z którego można korzystać, jako z bardzo dokładnego przyrządu pomiarowego, i który oddał w dalszym rozwoju nauki o elektryczności nieocenione usługi.

Ogłaszając swe prawa, dotyczące chemicznego działania prądu, Faraday jednocześnie uporządkował, sprostował i rozszerzył istniejące wówczas poglądy na zjawiska elektrolityczne. Wszak to nie tylko dla ułatwienia wykładu, lecz i w celu wyrugowania dawnych mylnych zapatrywań (np. przypuszczająca, że elektrody posiadają pewną siłę przyciągającą) wprowadził on zupełnie nową terminologję, używaną do dziś dnia. Toż to od niego pochodzą takie wyrazy, jak elektroliza, elektrolit, elektroda, anoda, katoda, jon, anjon, katjon. Przy wprowadzeniu tych, jak i innych, nowotworów ję-

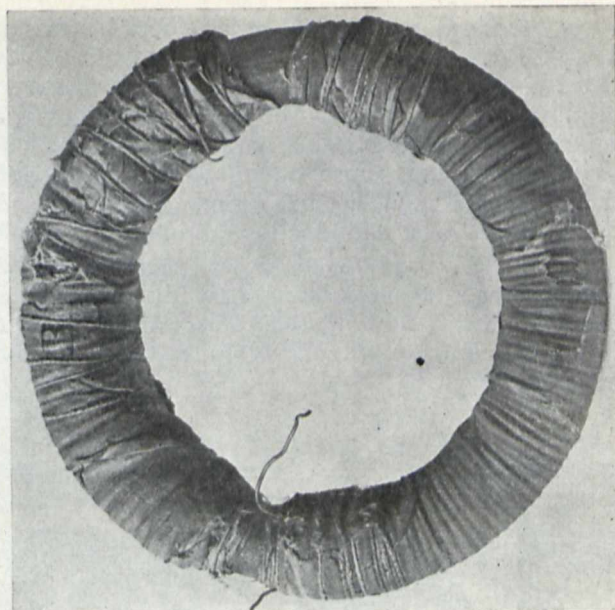
zykowych stale zasięgał porady głośnego logika Whewella.

W r. 1834 Faraday, rozwijając swe badania elektrolityczne, zajął się bliżej wyjaśnieniem teorii ogniwa galwanicznego, które nazwał „urządzeniem bardzo grubym i marnotrawnym, o ile chodzi o jego główną zasadę” (miał tu na myśli małą sprawność ogniwa), i wykazał, że stara teoria „kontaktowa” jest niesłuszna, że zarówno powstawanie elektryczności w ogniwie, jak i zwykłe powinowactwo chemiczne „są procesami chemicznymi i podlegają tej samej sile czyli zasadzie”. Dowiódł, że można wytworzyć ogniwo bez „kontaktu” dwu różnych metali i że bez działania chemicznego nie można byłoby otrzymać prądu z ogniwa galwanicznego.

W tym samym roku uzupełnił swe poprzednie odkrycie indukcji zbadaniem zjawiska samoindukcji i wyjaśnił pochodzenie prądów, powstających przy otwieraniu i zamykaniu obwodu („ekstraprądów”).

W następnym 1835 r. przerwał swe prace z zakresu elektromagnetyzmu i elektrochemii i przerwcił swą działalność badawczą na inne pole, nie nowe w nauce, lecz do owego czasu jeszcze nie-tnięte lemieszem jego geniuszu. Skierował mianowicie swoją uwagę na zjawiska elektryczne statyczne. Dziedzina ta, zdawało się, była już poznana do dna. Faraday jednak potrafił sięgnąć głębiej i wzbogacić naszą wiedzę w tej dziedzinie nowymi i to wielkimi faktami i ideami.

Badanie pola elektrycznego zarówno w stanie statycznym, jak i w stanie przejściowym, podczas wyładowań, było głównym przedmiotem jego prac aż do r. 1838. Nowe poglądy Faradaya na zjawiska, wywoływane dwu „naładowaniami” przewodnikami, były całkiem naturalnym następstwem jego prac poprzednich, a w szczególności ostatnio dokonanych badań nad procesami elektrolitycznymi i ogniwami galwanicznymi, gdzie „bieguny” (w danym razie elektrody) zostały przezeń wprowadzone do roli znacznie skromniejszej, niż ta, którą im nadawano poprzednio. Wyniki tych badań naprowadziły go właśnie na myśl szukania istoty zjawisk elektrycznych w środowisku, oddzielającym naładowane „bieguny”. W ten sposób Faraday obrócił wzrok fizyków na dielektryk, którym to



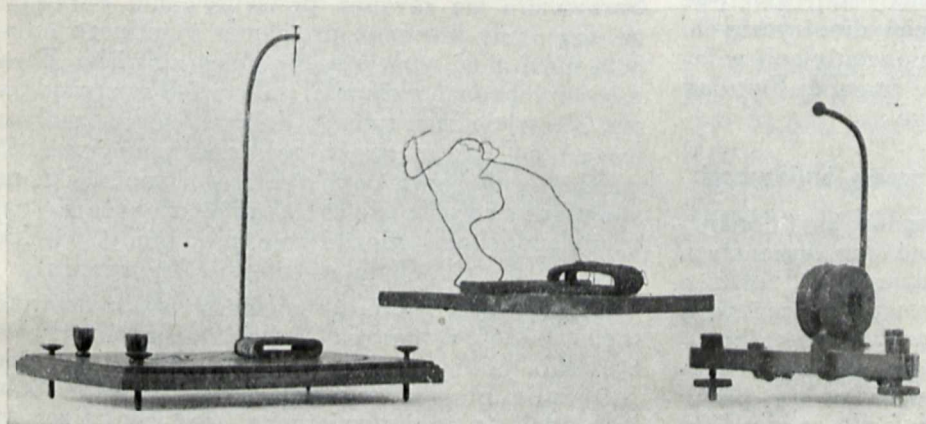
Historyczny pierścień żelazny z uzwojeniami z drutu miedzianego. Zapomocą tych cewek na wspólnym rdzeniu żelaznym Faraday odkrył indukcję elektromagnetyczną. Jest to największa relikwia elektrotechników.

mianem nazwał on ciała izolacyjne, wypełniające pole elektryczne.

„Sądzę, — pisał — że we wszystkich przypadkach zwykła indukcja”) nie jest działaniem tych lub innych cząstek albo mas na znacznie większe odległości, lecz że we wszystkich przypadkach jest ona działaniem stykających się ze sobą cząsteczek, polegającym na pewnego rodzaju polaryzacji” (Exper. Res., Ser. XI, 1165).

W związku z dociekaniem swemi nad rolą dielektryku w zjawiskach elektrycznych Faraday dokonał licznych badań nad stałą dielektryczną materiałów izolacyjnych, nad zależnością pojemności kondensatora od rodzaju dielektryku i t. d. Co do cyfrowych wyników badania te nie były dość ściśle ze względu na niedokładność przyrządów, którymi rozporządzał, lecz co do metody były najzupełniej prawidłowe (w szczególności nie udało mu się wykryć różnicy w stałej dielektrycznej powietrza i innych gazów). Praca Faradaya o stałej dielektrycznej była ponownym odkryciem tego, do czego Cavendish doszedł o 60 lat wcześniej, o pracach Cavendisha nikt jednak wtedy nie wiedział, gdyż jego rękopisy znaleziono w archiwach dopiero w 12 lat po śmierci Faradaya.

W r. 1838 Faraday ogłosił dwie prace, w których podał wyniki swych badań nad wyładowaniami elektrycznymi



Galwanometry, wykonane przez samego Faradaya i używane przezeń do doświadczeń naukowych.

*) Przez „zwykłą indukcję” należy tu rozumieć występowanie sił elektrycznych w polu.

mi w środowisku gazowym. Zbadał on tutaj wyładowania jarzące, snopiaste i inne. Wtedy też wykrył istnienie na katodzie tak zwanych wyładowań ciemnych w atmosferze powietrza rozrzedzonego. Wtedy również wypowiedział myśl, że naładowana kulka, wprawiona w ruch, wywoła działanie, identyczne z działaniem prądu. W 36 lat później Rowland dowiódł tego doświadczalnie.

W r. 1839 Faraday znów powrócił do ogniwa galwanicznego, występując z nowymi rozprawami przeciwko teorii kontaktowej, która wciąż jeszcze miała zwolenników wśród wielu ówczesnych powag naukowych.



Pojemniki kuliste, zapomocą kórych Faraday badał dielektryki.

Przeгляд powyższy jest jeno pobieżnym wykazem, najważniejszych prac badawczych Faradaya. Każda z nich zasługiwałaby na szczegółowe traktowanie monograficzne. Poza wymienionymi pracami Faraday wykonał mnóstwo innych, mniej ważnych, których tu nawet wyliczać nie sposób. Były wśród nich czysto chemiczne, np. badanie związków fluorowych.

W ciągu rozważanego tutaj okresu Faraday w dalszym ciągu pisywał rozprawy i artykuły naukowe i wykladał bez przerwy w Instytucie Królewskim i Akademii Woolwichskiej. Od r. 1836 przybyło mu nowe stałe zajęcie poboczne: objął miejsce doradcy naukowego przy Trinity House. Jest to instytucja o charakterze korporacyjnym, która niejako na prawach urzędu państwowego zarządza latarniami morskimi na wszystkich wybrzeżach brytańskich (istnieje do dziś od r. 1514). Obowiązki doradcy Faraday pełnił w ciągu 30 lat, to znaczy prawie do samej śmierci. Powierzano mu do rozwiązania lub zaopiniowania najrozmaitsze kwestje: badanie lamp i urządzeń dioptrycznych, budowę fotometrów, udoskonalenie wentylacji w latarniach i t. p. W związku z temi pracami Faraday musiał objeżdżać latarnie morskie.

Przymusowe wytchnienie w pracy badawczej.

Organizm Faradaya, wyczerpany zbyt forsownym wysiłkiem, zaczął odmawiać posłuszeństwa, gdy Faraday zbliżał się do pięćdziesiątki. Pierwsze objawy przepracowania zaczęły występować w r. 1839. Lekarze odrazu zalecili Faradayowi całkowite porzucenie pracy i niewyężanie umysłu. Faraday zaczął się oszczędzać, zaprzestawszy pracy w laboratorium, lecz innych zajęć nie zawiesił, to też stan jego w następnym roku pogorszył się znacznie. Cierpiał na bóle głowy, zawroty i zatrważające w jego przekonaniu osłabienie pamięci. Choro-

ba ciągnęła się około pięciu lat, prawdopodobnie dlatego tak długo, że na prawdziwy i dłuższy wypoczynek nie mógł się zdobyć. Umiał się powstrzymać od pracy doświadczalnej w laboratorium, zredukował o ile możliwości swe wykłady, starał się nie nadwierać swych sił w pracy dla Trinity House, lecz mózgu swego do próżniactwa zmusić nie potrafił, pomimo nowożywań ze strony lekarzy do zupełnego przerwania pracy umysłowej.

Z prac doświadczalnych, które pomimo wszystko wykonywał w trakcie choroby, zaglądnąc w pewnych okresach do laboratorium, jedyną poważniejszą z dziedziny elektryczności było zbadanie w 1842 r. zjawiska Armstronga, czyli wytwarzania elektryczności z pary. Faraday dowiódł, że elektryczność powstaje tu poprostu wskutek tarcia pary o metal zaworu. W r. 1844 zajął się znów gazami i przeprowadził nowy szereg ciał lotnych w stanie ciekłym i stałym. Skroplenie tlenu i wodoru wtedy jednak mu się nie udało.

Druga serja wielkich odkryć naukowych.

Jesienią 1845 r. Faraday poczuł się widocznie o tyle dobrze, że nie mógł się oprzeć popędowi natchnienia, i wrócił do pracowni, żeby doświadczalnie sprawdzić zrodzone w głowie pomysły. Mistrz stanął przy swym warsztacie i genjusz jego odrazu zajaśniał pełnym blaskiem: w ciągu trzech miesięcy Faraday dokonał dwóch wielkich odkryć, z których zwłaszcza pierwsze posiada dla nauki teoretycznej doniosłość olbrzymią.

To pierwsze odkrycie dotyczyło wpływu pola magnetycznego na światło polaryzowane. Faraday odkrył, że pole magnetyczne nadaje ciałom, które są w niem umieszczone, zdolność skręcania płaszczyzny polaryzacji. Do wyniku tego doszedł po wieloletnich usiłowaniach ustalenia związku między światłem a elektrycznością. Przeczując, że związek taki istnieć musi, jeszcze w r. 1822 próbował przepuszczać światło polaryzowane przez przezroczysty elektrolit przy przechodzeniu przez prąd. W r. 1833 przepuszczał światło przez ciała stałe (szkło, boraks i in.), umieszczone w polu elektrycznym, lecz w żadnej z tych prób powodzenia nie osiągnął. Dopiero próba z ciężkim szkłem (jego własnego wyrobu) w polu magnetycznym dała tak dawno oczekiwany wynik. Sprawdziło się również przewidywanie Faradaya, że wzajemny kierunek promienia świetlnego i linii pola musi mieć wpływ na przebieg zjawiska. Faraday natychmiast zrozumiał całą wagę swego odkrycia, albowiem tego samego dnia, w którym zaobserwował po raz pierwszy zależność między „siłą magnetyczną i światłem“, zapisał w notatniku następujące prorocze słowa: „Fakt ten okaże się najprawdopodobniej niezmiernie płodnym i wielkiej wartości przy badaniu własności sił przyrody“.

Należy nadmienić, że podczas swych doświadczeń w 1845 r. Faraday faktycznie zaobserwował zjawisko, odkryte przez Kerra w 32 lata później (skręcanie płaszczyzny polaryzacji światła, odbitego od lustrzanej powierzchni magnezu), lecz nie zatrzymał na niem swej uwagi, gdyż doświadczenie wydało mu się nieprzekonywującym. Dokonywając z początku (w tymże 1845 r.) prób z po-

lem elektrycznym, chyba tylko wskutek jakichś przypadkowych okoliczności nie zauważył innego zjawiska Kerra, odkrytego w 1875 r., mianowicie podwójnego załamania w dielektryku promienia, prostopadłego do kierunku pola.

Nie zdążyło jeszcze Towarzystwo Królewskie zapoznać się z rozprawą o skręcaniu płaszczyzny polaryzacji, a już Faraday dokonał nowego odkrycia, dotyczącego magnetycznych własności ciał. Odkrył mianowicie, że nie tylko żelazo, nikiel i kobalt, lecz wszystkie ciała w naturze podlegają działaniu pola magnetycznego, nawet gazy. Wykazał, że ze względu na zachowanie się ciał w polu magnetycznym należy rozróżniać ciała paramagnetyczne i diamagnetyczne (terminy, wprowadzone przez niego). Tam, gdzie jedno ciała doznają przyciągania, inne doznają odpychania; tam, gdzie jedno ciała zajmują pewien kierunek w polu, inne ustawiają się pod kątem prostym. Faraday dokonał prawie bez błędu podziału ciał na te dwie kategorie. I to odkrycie było wyjaśnieniem zagadnienia, które w myślach jego nurtowało od dawnego czasu. Jeszcze w r. 1836 pisał: „ogólne poglądy już dawno doprowadziły mię do mniemania, że wszystkie metale są magnetyczne tak samo, jak żelazo”.

W r. 1846 pod koniec jednego z piątkowych wykładów w Instytucie Faraday przygodnie zauważył, że według jego dość już dawnych przypuszczeń, „być może, te drgania, zapomocą których promieniste działania (jak światło, ciepło, wpływ aktywny i t. p.) przenoszą swą siłę w przestrzeni, są drganiami nie eteru, lecz linii sił, które w danym razie również łączą najbardziej odległe masy i dzięki którym najmniejsze atomy lub cząsteczki wywierają na siebie wpływ wzajemny”. Wkrótce potem Faraday rozwinął powyższe poglądy w liście do jednego ze swych przyjaciół (R. Phillipsa) i ogłosił ten list w „Philosophical Magazine” (w maju 1846 r.) pod tytułem „Myśli o drganiach promienistych” (Thoughts on Ray-Vibrations). Zastrzegłszy się na wstępie, że artykuł zawiera rozważania surowe, ogólnikowe, niedość przemyślane, Faraday wskazuje między innymi na to, że prędkość światła i prędkość elektryczności są prawie równe, i w dość przekonywującej formie wypowiada przypuszczenie, że możnaby „odrzuścić eter”, dodając zaraz „lecz nie drgania”. Na te genialne wizje zrazu nie zwrócono uwagi. Dopiero w niespełna 20 lat później wielki interpretator idei Faradaya Maxwell wysnuł z powyższego artykułu teorię, która jest wielką chlubą i ozdobą wiedzy elektrycznej, mianowicie tak zwaną elektromagnetyczną teorię światła. W pierwszej swej pracy na ten temat, mianowicie w rozprawie pod tyt. „Teoria dynamiczna pola elektromagnetycznego”, ogłoszonej w „Philosoph. Trans.” w r. 1864, Maxwell oświadczył: „Koncepcja rozchodzenia się zakłóceń magnetycznych poprzecznych, z wyłączeniem normalnych, jest wyraźnie wyłożona przez profesora Faradaya w jego „Myślach o drganiach promienistych”. Wysunięta przezeń teoria elektromagnetyczna światła jest w istocie rzeczy ta sama, którą zaczynam rozwijać w niniejszej rozprawie, z tą różnicą, że w r. 1846 nie było żadnych danych do obliczenia prędkości rozchodzenia się zakłóceń”.

Następne doniosłe odkrycia przypadają dopiero na rok 1851. W tym roku Faraday uzupełnił swe wielkie odkrycie z przed 20 lat, ustalając i opisując prawo indukcji elektromagnetycznej. Jednocześnie zastosował je w sposób pomysłowy do pomiarów magnetycznych.

W tymże 1851 r. wyłożył gruntownie i wyczerpująco swą teorię pola magnetycznego, która w elektrotechnice panuje do dziś wyłącznie. Odrzucił w niej dawną zasadę *actio in distans* i wyłuszczył w sposób systematyczny swe w zupełności już skryształizowane poglądy na linie magnetyczne i ich rolę. „Wydaje mi się,—pisał—że te linie można stosować z wielką korzyścią do przedstawiania natury, własności, kierunku i względnej wielkości sił magnetycznych i że w wielu razach mają one,



Faraday w swej pracowni w Instytucie Królewskim.



Dom w Hampton Court, w którym Faraday umarł.

przynajmniej dla człowieka, rozumującego fizycznie, wyższość nad tą metodą, która uważa, że siły są ześrodkowane w punktach działania takich jak bieguny magnesów lub igieł" (Exp. Res., Ser. XXVIII, 3074). Faraday dowiódł, że linie magnetyczne są zamknięte, wyjaśnił ich charakter, rozkład wewnątrz i zewnątrz magnesu, zbieżność i rozbieżność przy przechodzeniu przez ciała magnetyczne i diamagnetyczne, wyjaśnił, że w zjawisku indukcji ilość linii przecinanych ma znaczenie, a nie odległość, użył tych linii do tłumaczenia magnetyzmu ziemskiego i t. d.

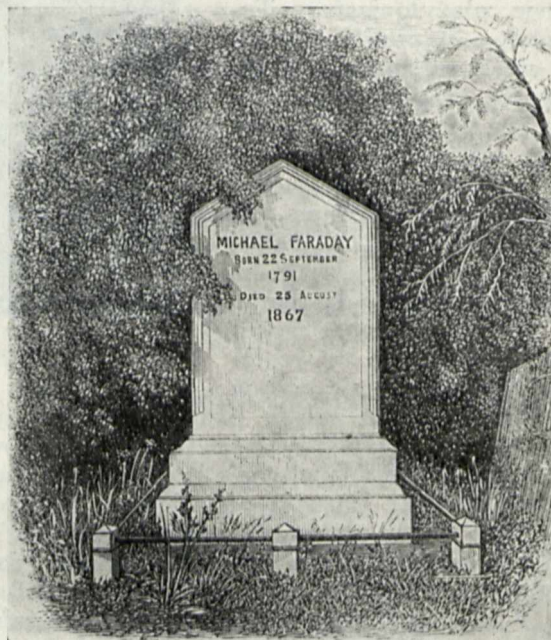
Wreszcie słuszność nakazuje wspomnieć właśnie w niniejszym rozdziale jeszcze o jednej pracy Faradaya, która wprawdzie nie została praktycznie uwieńczona pomyślnym rezultatem, pozwalającym zaliczyć ją do rzędu dokonanych odkryć, lecz która w idei swej jest prawdziwym odkryciem, albowiem opierała się na przewidywaniach, zgodnych, jak się później okazało, z doświadczeniem. Jest to ostatnia w życiu praca badawcza Faradaya; wykonana była w r. 1862. Faraday, wyciągając wnioski ze swego odkrycia z r. 1845, przypuszczał, że skoro pole magnetyczne skręca płaszczyzną polaryzacji światła, przechodzącego przez pryzmę, to powinno ono zmieniać jakość światła, jeżeli jego źródło umieścić w polu magnetycznym. Usiłowania Faradaya dowieść tego drogą doświadczalną spełżyły na niczem głównie ze względu na niedoskonałość przyborów eksperymentalnych, którymi rozporządzał. Dopiero w r. 1896 dowiódł tego Zeeman, wykrywszy zjawisko zwane jego imieniem (zmiana widma rozżarzonego metalu, umieszczonego w polu magnetycznym).

Końcowy okres życia.

Wznawiając w r. 1845 swe prace badawcze po czteroletniej zgórze przerwie, Faraday nie posiadał już tej pełni sił, którą rozporządzał przed chorobą, i nigdy już dawnej zdolności do wyężonej pracy nie odzyskał. Było to rzeczą zupełnie naturalną najpierw wobec wielkiego wyczerpania organizmu trudami lat ubiegłych, nadmiernymi, zgoła fenomenalnymi, a następnie wobec coraz starszego wieku. Jedynie sam Faraday tego nie rozumiał i nie mógł się z tem pogodzić, albowiem obfitość pomysłów naukowych, zapał do pracy i nieprzewyciężona namiętność do badania praw natury z biegiem lat raczej potęgowały się w nim. Organizm jednak stale protestował przeciw nadwężaniu jego sił. To też w końcowym okresie jego życia, obejmującym blisko 20 lat, jego praca naukowo-badawcza ustawicznie była przerywana mniej lub więcej długimi pauzami na wypoczynek, którego domagała się natura. Jedynymi dolegliwościami, które mu wówczas i wogóle w życiu dokuczały, były zwykłe objawy przemęczenia umysłowego: bóle i zawroty głowy oraz zanik pamięci.

Odkrycia, wyliczone w poprzednim rozdziale, bynajmniej nie wyczerpują prac Faradaya z końcowego okresu jego życia. Przedewszystkiem sama działalność badawcza Faradaya obejmowała znacznie rozleglejsze pole, niż to można przypuszczać na podstawie tamtych odkryć. O innych pracach badawczych Faradaya nie wspomniano na tamtem

miejscu dlatego, że bądź są one drugorzędne znaczenia, bądź opierały się na mylnych założeniach, bądź nie doprowadziły do pozytywnych wyników wskutek innych przyczyn. Wszystkie jednak jego poszukiwania, nawet te bezpłodne, płynęły z rozważań bardzo głębokich i wymagały wielkiego nakładu pracy, którego Faraday nie szczędził.



Grób Faradaya na cmentarzu w dzielnicy Highgate w Londynie.

Największymi zagadnieniami, które obok już wymienionych zaprzątały umysł Faradaya w owym okresie, były: kwestja łączności między elektrycznością, magnetyzmem i t. d. a siłą ciężenia oraz zależność zjawisk magnetycznych od czasu. Poszukiwaniom tym przyświecała ta sama idea jedności „siły natury”, która była gwiazdą przewodnią we wszystkich badaniach Faradaya. Nad pierwszym zagadnieniem Faraday wytrwale rozmyślał w ciągu 10 lat (1849—1859). W r. 1860 złożył Towarzystwu Królewskiemu rozprawę, w której były wyłożone jego próby ustalenia na drodze doświadczalnej zależności między elektrycznością a grawitacją, lecz wycofał tę rozprawę, gdyż na wniosek Stokesa nie zakwalifikowano jej do druku, ponieważ zawierała wyłącznie wyniki ujemne. Sam Faraday w danym razie zachowywał względem swoich pomysłów większą niż kiedykolwiek rezerwę i nawet kiedyś w notatniku napisał: „Wszystko to jest urojenie”. Drugie z wymienionych zagadnień było przedmiotem studjów Faradaya w okresie od 1855 do 1858 r. i również dało wyniki negatywne.

Rozwijając swe badania nad własnościami magnetycznymi gazów, a w szczególności tlenu (1847—1850), Faraday stworzył własną teorię magnetyzmu ziemskiego, w której wszelkie zmiany, dzienne i roczne, w obserwacjach magnetycznych tłumaczył głównie tem, że tlen jest ciałem wybitnie magnetycznym.

Dalej badał magnetyczne własności ciał w różnych temperaturach, szczególnym badaniom poddawał ciała krystaliczne, umieszczone w polu ma-

gnetycznym, badał wyładowania w rurkach próżniowych, procesy zamarzania płynów i wiele, wiele innych zjawisk. Dowiódł powstawania prądów indukcyjnych w cieczach niemetalowych, usiłował ustalić wpływ światła na magnetyzm, jako odwrotność do zjawiska skręcania płaszczyzny polaryzacji, i t. d.

To były prace badawcze. Równoległe z niemi pełnił funkcje profesorskie, nie przerywając wykładów w Instytucie żadnego roku, natomiast wykłady w akademii wojskowej porzucił już w roku 1849.

Jednocześnie i prawie do końca życia pełnił w dalszym ciągu z dużym zamiłowaniem obowiązki doradcy naukowego w Trinity House. Wybór oliwy i innych materiałów palnych do lamp w latarniach morskich, sposoby przechowywania oliwy, wentylacja lamp, zaopatrywanie latarni w wodę do picia, ocena soczewek różnego typu, urządzenie piorunochronów, sygnalizacja specjalna na czas mgły i wreszcie zastosowanie światła elektrycznego na latarniach — oto te zadania praktyczne, które Faraday rozwiązywał dla Trinity House. Pierwszy konkretny projekt oświetlenia latarni morskiej elektrycznymi lampami łukowymi zgłoszono w r. 1852. Faraday jeszcze w r. 1854 zalecał wypróbować instalację narazie nie na latarni, lecz gdzieindziej; w latach 1857 i 1858 dokonał prób już na latarniach, a w następnym roku ostatecznie wydał korzystną opinię w sprawie stosowania światła elektrycznego do sygnalizacji na wybrzeżu morskiem. Później dopilnowywał dalszego udoskonalenia urządzeń elektrycznych. Jeszcze w r. 1863, a więc mając lat 72, objeżdżał w tym celu latarnie, bawił tam po kilka dni, nocami wyjeżdżał w morze, żeby zdaleka obserwować światło lamp elektrycznych i porównywać je z innymi źródłami światła.

W r. 1853 proszono go z różnych stron o opinię w sprawie modnych wówczas seansów ze stolikami wirującymi. Zbadawszy sprawę, nazwał ją głupstwem i zabobonem i oburzał się, że są ludzie, którzy poważnie traktują urojenie jednych i szar-

lataństwo innych. Gdy go w r. 1864 zapraszano na seans spirytystyczny, odpowiedział: „Jeżeli duchy nie są kompletną nicością, to one znajdują sposoby przyciągnięcia do siebie mojej uwagi”.

Prawdziwe niedołęstwo Faradaya wskutek starości zaczęło się dopiero w r. 1865, to znaczy gdy miał już 74 lata. Ostatnią pracą doświadczalną w laboratorium (owo „zjawisko Zeemana”) wykonał w marcu 1862 r. Ostatni wykład w instytucie, połączony ze wzruszającą sceną pożegnalną, odbył się w czerwcu tegoż roku. Ostatnią ekspertyzę dla Trinity House wykonał w r. 1865. W tymże roku podał się do dymisji w Instytucie jako dyrektor laboratorium. Zarząd w odpowiedzi uchwalił prosić go, aby zechciał na przyszłość poświęcać Instytutowi tyle uwagi, ile będzie miał w tem przyjemności, i żeby nadal zatrzymał do swej dyspozycji mieszkanie w gmachu Instytutu.

Jeszcze w r. 1858 królowa Wiktorja na znak specjalnej łaski ofiarowała Faradayowi na dożywotnie mieszkanie dom, położony w Hampton Court tuż obok pałacu królewskiego tej samej nazwy (nad Tamizą, w odległości około 20 km od środka dzisiejszego Londynu). Tu Faraday mieszkał ostatnich 9 lat swego życia, mając jednocześnie do dyspozycji swe dawne mieszkanie służbowe w Instytucie, gdzie się zatrzymywał, dojeżdżając „do miasta”. Tu, w Hampton Court, Faraday zmarł 26 sierpnia 1867 r. Pochowano go na cmentarzu w północnej dzielnicy Londynu, zwanej Highgate. Zgodnie z jego wyraźną wolą pogrzeb odbył się w ciszy i w obecności jeno najbliższych osób; trumnę złożono bezpośrednio w ziemi i na grobie postawiono „najzwyczajniejszą” płytę kamienną”).

*) Za uprzejme udzielenie ilustracji do niniejszego odczytu i zezwolenie ich reprodukowania autor składa podziękowanie firmie Longmans, Green and Co. w Londynie (trzy pierwsze i trzy ostatnie rysunki) oraz Instytutowi Królewskiemu — Royal Institution of Great Britain (wszystkie pozostałe rysunki).

INDUKCJA ELEKTROMAGNETYCZNA FARADAYA*)

Prof. Dr. Inż. Stanisław Fryze.

„Zamienić magnetyzm na elektryczność” — oto pierwsza notatka z roku 1822, jaką znajdujemy w dzienniku laboratoryjnym Faradaya, odnośnie do największego z jego odkryć — *indukcji elektromagnetycznej*.

W roku 1820 duński fizyk Oersted odkrył działania prądu elektrycznego na igiełkę magnetyczną i w tym samym roku Arago zbudował pierwszy elektromagnes. Sądzono wówczas, że udało się zamienić elektryczność na magnetyzm, a bystry umysł Faradaya odrazu rodzi ideę zamiany odwrotnej — magnetyzmu na elektryczność.

*) Odczyt, wygłoszony na Walnem Zgromadzeniu SEP we Lwowie 14 maja 1931 r.

Wiele lat pracy poświęca Faraday zrealizowaniu tej myśli, w poszukiwaniu zjawiska, które, jak wiemy, nie mogło się ujawnić. Poszukiwali za nim i inni, jak Fresnel, Ampère, Arago i t. d., oczywiście również bezskutecznie. Lecz gdy inni, zniechęceni niepowodzeniem, porzucili niewdzięczną ideę, Faraday trwał przy niej uparcie, wysilając się na coraz nowe doświadczenia i pomysły eksperymentatorskie. Wszechstronny umysł Faradaya zajmują oczywiście i inne problemy naukowe. W dziesięcioleciu 1820 — 1830, poprzedzającym odkrycie indukcji, Faraday ogłasza mnóstwo prac z dziedziny chemii i fizyki. Gdy tylko jednak kończy jakąś serję doświadczeń — czy to z parami i gazami, czy nad optycznymi własnościami szkła, wraca natychmiast do tej jednej, porzuc-

nej już przez wszystkich idei: „zamienić magnetyzm na elektryczność”.

Nieudane doświadczenia nie zraziły Faradaya i mimo negatywnych wyników miały tę korzyść, że zacieśniały coraz więcej teren badań. Jak poszukiwacz przeczuwanego skarbu, zazdrośnie ukrytego przez naturę, tak Faraday kruszy skały trudności, bada cierpliwie najdrobniejsze grudki ubocznych zjawisk, zyskując w wielu latach tę tylko pewność, gdzie skarbu napewno niema. Najpiękniejszy wiek męski od 30 do 40 roku życia upływa Faradayowi w tych zmaganiach z przyrodą, którą w końcu, w pamiętnym roku 1831 zmusza do odsłonięcia tajemnicy. Genjalnemu badaczowi wystarczyły drobne drgania igielki magnetycznej, widoczne przy załączaniu i wyłączaniu prądu w układzie dwu cewek, skojarzonych magnetycznie, aby w kilka tygodni po zauważeniu tego nikłego zjawiska, był gotów z serją badań, stanowiących dziś fundament, na którym wspiera się potężny i przepiękny gmach faradayowskiej indukcji.

Odkrycie to, które kto wie czy nie po wsze czasy pozostanie największym w dziejach elektrotechniki, zawdzięczamy tej niezwyklej właściwości umysłu Faradaya, że łączył on olbrzymią siłę z doskonałą elastycznością. Jak świder z najsłabszej stali, wdrażał się wnikliwy umysł Faradaya we wnętrze pełnej tajemnic przyrody, przystosowując się po drodze do wszelkich nierówności i odchyłeń, bez nadwężania swych ostrych krawędzi. Małe odchylenia igielki magnetycznej, które dla innych badaczy naukowych mogły stanowić nic nie znaczące zjawisko uboczne, nietylko zwracają natychmiast uwagę Faradaya, lecz także skierowują jego wnikliwy umysł na nowy tor myśli. Badacz, który przez 10 lat był głęboko przekonany o słuszności swych pierwotnych przypuszczeń, potrafił w ciągu mniej więcej tyluż tygodni nietylko przeczucić się w zgoła odmienny pogląd, lecz ponadto jeszcze obmyślić i wykonać całą serję doświadczeń, których i dziś jeszcze, mimo całej naszej wiedzy o indukcji, nie ułożylibyśmy, przy środkach, jakimi dysponował Faraday, lepiej, niż on to sam zrobił. Zapoznajmy się z temi doświadczeniami w takiej kolejności, w jakiej on je wyłożył w swej drukowanej rozprawie. Kolejność ta odbiega od chronologicznego porządku doświadczeń, wykonanych przy pierwszych badaniach.

Do swych doświadczeń, opisanych w I serji badań, użył Faraday dwóch drutów, zwiniętych śrubowo na wałku drewnianym. Aby zwoje każdej cewki ze sobą się nie stykały, przedzielił je cienkim sznurkiem, zaś jedną warstwę drutu izolował od następnej przy pomocy płótna introligatorskiego „Calico”. Końce jednej z dwu w ten sposób uzyskanych cewek połączył Faraday z baterją Volty o 10 parach płyt, końce drugiej — z galwanometrem igielkowym. Podczas przepływu prądu przez cewkę I igielka galwanometru, załączonego w cewce II, stała nieruchomo. Także przy załączaniu i wyłączaniu prądu nie zauważył Faraday żadnego wychylenia. Dopiero przy powiększeniu baterji z 10 ogniw Volty do 100 dało się zauważyć zarówno przy załączaniu jak i przy wyłączaniu lekkie drganie igielki. Faraday spostrzeża, że drobne te ruchy mają przeciwne kierunki i przypisuje je dzia-

łaniu prądów, wytwarzanych w cewce II-giej. Ponieważ zaś prądy te przypominały raczej wyładowania butelki lejdejskiej, niż „prawdziwy”, t. j. pochodzący z baterji, prąd elektryczny, przeto natychmiast wykonywa serję doświadczeń, zmierzających do ustalenia ich właściwości. Nader słaby prąd, indukowany w cewce z galwanometrem (II), nie dawał oczywiście działań fizjologicznych (Faraday stwierdził to, dotykając językiem obu końców cewki wtórnej), nie rozgrzewał drutów, przez które przepływał, nie wzbudzał iskier, nie działał chemicznie^{*)}. Jednak udało się Faradayowi namagnesować tym prądem igielki stalowe, znajdujące się w rurce szklanej, owiniętej drutem, połączonym z obwodem cewki wtórnej.

Faraday stwierdził też, że ów prąd indukowany posiada zdolność przechodzenia przez ciecz, bo gdy włączył w obwód galwanometru dwie płyty miedziane, zanurzone w roztworze wodnym soli kuchennej, to igielka tak samo się wychylała, jak w przypadku bezpośredniego połączenia

Aby się przekonać, czy elektryczność statyczna także potrafi indukować prąd w uzwojeniu wtórnym, Faraday załączył w miejsce baterji Volty butelkę lejdejską. Zamiast galwanometru umieścił rurkę szklaną z igłą stalową, owiniętą drutem. Po wyładowaniu butelki w obwodzie pierwotnym, igła uległa namagnesowaniu. Faraday odnosi się jednak do tego doświadczenia z wielką rezerwą. Niema zaufania do izolacji, sporządzonej z płótna introligatorskiego i sznurka, przypuszcza, że namagnesowanie nastąpiło skutkiem przepływu elektryczności z butelki lejdejskiej wprost do obwodu wtórnego, poprzez izolację między uzwojeniem pierwotnym i wtórnym. Wprawdzie jest pewny, że przepływ elektryczności „statycznej” powinien wywołać takie same działania indukcyjne, jak przepływ elektryczności galwanicznej, wykonuje jednak jeszcze cały szereg doświadczeń, aby uzyskać pewność w tym względzie.

Przy prymitywnych środkach, jakimi Faraday rozporządzał, nie można było stwierdzić dokładnie, czy prąd indukowany w cewce wtórnej zespołu dwu cewek jest jednakowy przy załączaniu i wyłączaniu prądu indukującego w cewce pierwotnej. „Na oko” odchylenie było jednakowe. Faradayowi to oczywiście nie wystarcza i natychmiast obmyśla sposób równie dowcipny jak prosty: Załącza w obwód wtórny rurkę szklaną, owiniętą drutem miedzianym, która zawiera igielki stalowe. Jeżeli indukcyjny prąd otwarcia jest co do wielkości równy indukcyjnemu prądowi zamknięcia, to po załączeniu i powrotnym wyłączeniu prądu w obwodzie pierwotnym nie powinny igielki w obwodzie wtórnym okazać własności magnetycznych. Gdyby jednak którykolwiek z tych prądów był większy, to musiałaby w igielkach pozostać różnica obu namagnesowań. Różnicę tę, przypuszczalnie znikomo małą, próbował Faraday zwiększyć przez wielokrotne powtórzenie zamknięcia i otwarcia prądu pierwotnego. Tak prymitywne urządzenie, umożliwiające zwiększenie czułości pomiaru prawie do

^{*)} Oczywiście brak tych działań tłumaczy się nikłością prądów indukowanych w pierwszych doświadczeniach, oraz brakiem odpowiedniej aparatury badawczej.

dowolnych granic i wykazujące praktycznie brak magnetyzmu w igiełkach nawet po bardzo dużej ilości załączeń i wyłączeń prądu w cewce pierwotnej, umożliwiło Faradayowi postawienie pierwszej tezy niewzruszonej po dziś dzień, że *naboje elektryczne, indukowane w cewce wtórnej przy załączeniu i wyłączeniu prądu w cewce pierwotnej, są jednakowe.*

Co do kierunku prądów indukowanych stwierdził Faraday, że *przy zamknięciu prądu pierwotnego powstawał w cewce wtórnej prąd o kierunku przeciwnym do prądu indukującego; przy przzerwaniu prądu pierwotnego powstawał prąd wtórny, skierowany zgodnie z prądem indukującym.*

Temi wynikami jednak Faraday się nie zadowolił. Nie znał jeszcze zupełnie mechanizmu zjawiska i nie wiedział, czy nie należy przypadkiem przypisać powstawania prądów w obwodzie wtórnym jakiemuś szczególnemu działaniu, towarzyszącemu zamykaniu i otwieraniu stosu Volty. Dlatego odmienił nieco swoje pierwsze doświadczenie. Sporządził dwie szerokie deski i rozpiął na każdej z nich drut miedziany o długości kilku stóp w kształcie litery W. Końce jednego z tych drutów połączył z galwanometrem, końce drugiego załączył na bieguny baterji Volty. Jak długo obie deski były względem siebie w spoczynku, galwanometr nie dawał żadnego odchylenia. Gdy jednak Faraday zbliżył szybko obie deski do siebie, igiełka galwanometru odchyliła się. Oddalenie desek powodowało wychylenie igiełki w kierunku przeciwnym. Aby te drobne wychylenia zwiększyć i przez to lepiej uwidocznic, użył Faraday dowcipnego sposobu: zbliżał i oddalał deski rytmicznie w takt wahań igiełki magnetycznej, czyli użył rezonansu mechanicznego, aby zmusić igiełkę swego mało precyzyjnego przyrządu do wielkich wychyleń.

W końcu pragnął się Faraday przekonać, czy istnieje niezależność między prądami Volty, a prądami powstałymi przez indukcję, t. j. czy w przewodniku, przez który przepływa prąd stały, może powstać prąd wskutek indukcji tak samo, jak w przewodniku, w którym nie płynie żaden prąd. W tym celu załączył w obwód wtórny, składający się z cewki i galwanometru, mały stos Volty. Wskutek tego nastąpiło trwałe odchylenie igiełki galwanometru o kąt około 30°. W chwili gdy załączono cewkę pierwotną na bieguny wielkiej baterji, igiełka doznała chwilowego odchylenia i po kilku wahanjach wróciła dokładnie w to położenie, jakie zajmowała przed załączeniem prądu pierwotnego. Przerwanie obwodu pierwotnego powodowało chwilowe odchylenie igiełki w kierunku przeciwnym, niż poprzednio, poczem igiełka znów wróciła w dawne położenie.

To ostatnie doświadczenie rozprasza wątpliwości Faradaya co do superpozycji prądów indukcyjnych z prądami Volty. Zasadnicze dwa zjawiska indukcji elektromagnetycznej, t. j. *indukcja przez zmiany prądu i przez ruch przewodnika*, zostały odkryte, brak było tylko jeszcze ogólnej teorii, któraby tłumaczyła mechanizm tych zjawisk. Faraday przyjął na razie hipotezę, że obecność prądu stałego w przewodniku pierwotnym sprawia przewodnik wtórny w stan szczególny, który

nazwał „*elektrotonicznym*“. Powstaniu tego stanu wskutek załączenia prądu pierwotnego towarzyszy krótkotrwały prąd indukcyjny w przewodzie wtórnym. Przy *zniknięciu* stanu „*elektrotonicznego*“ wskutek przerwania prądu pierwotnego indukuje się w uzwojeniu wtórnym krótkotrwały prąd o kierunku przeciwnym, niż poprzednio. Ten „*nowy stan elektrotoniczny*“ gra szczególną rolę w rozwoju poglądów Faradaya. Było to szczęśliwym zbiegiem okoliczności, że nie porzucił go odrazu, choć spostrzegł swą omyłkę jeszcze przed ukończeniem pracy o indukcji. W tym „*stanie elektrotonicznym*“ bowiem tkwi zarodek późniejszej koncepcji Faradaya o linjach sił i polu elektromagnetycznym, które przyszły na miejsce tych pierwszych niejasnych wyobrażeń o stanach w przestrzeni otaczającej przewodnik, przez który przepływa prąd elektr.

Wyłożywszy już zjawiska indukcji wzajemnej prądów czyli—jak ją nazwał—indukcji voltaelektrycznej, Faraday przystępuje do badań wpływu żelaza na indukcję, czyli do t. zw. indukcji magnetoelektrycznej. Z okrągłej sztabki miękkiego żelaza o grubości 7/8 cala sporządził zamknięty pierścień o zewnętrznej średnicy 6 cali. Na jednej połowce tego pierścienia umieścił uzwojenie pierwotne, składające się z drutów, ułożonych w 3 warstwach, nawiniętych na sobie, na drugiej połowce — uzwojenie wtórne, złożone z 2 warstw. Uzwojenie wtórne połączył z galwanometrem, uzwojenie pierwotne — z baterją Volty o 10 parach płyt. W chwili załączenia baterji igiełka galwanometru odchyliła się i to znacznie silniej, niż wtedy, gdy używał baterji o 100 ogniwach i cewek bez rdzenia żelaznego. I w tym prototypie transformatora stwierdza Faraday działanie indukcyjne jedynie przy zmianach prądu w cewce pierwotnej. Przy użyciu baterji o 100 elementach występowały przy załączaniu i wyłączaniu prądu pierwotnego działania indukcyjne tak znaczne, że, gdy Faraday załączył w obwód wtórny dwie zaostrzone i stykające się ze sobą elektrody węglowe, mógł zaobserwować małą iskierkę. Wnet też ustalił, że *prąd indukcyjny działa termicznie, chemicznie i fizjologicznie, czyli tak samo, jak prąd galwaniczny ze stosu Volty.*

Dalsze doświadczenia Faraday przeprowadza, używając żelaznego rdzenia otwartego. Dały one wyniki analogiczne do powyżej opisanych.

Przy użyciu rdzenia miedzianego otrzymał Faraday również słabe wyniki, jak bez rdzenia. W ten sposób ustalił ważną rolę żelaza w działaniach indukcyjnych. — Dalsza seria doświadczeń przeprowadzona została z magnesami. Do cewki, połączonej z galwanometrem, zbliżał i oddalał Faraday magnes, stwierdzając, że przy zbliżaniu magnesu powstaje w cewce prąd, starający się znieść jego magnetyzm, a przy oddalaniu — prąd o działaniu wzmacniającem magnetyzm magnesu. Wyniki swych doświadczeń Faraday notował z podziwu godną dokładnością. Tak n. p. zwraca uwagę, że przy przeprowadzeniu magnesu przez cewkę otrzymuje się dwa po sobie następujące i przeciwnie skierowane wychylenia galwanometru.

Wszystkie prądy, jakie Faraday otrzymał w powyżej opisanych doświadczeniach, były tylko krótkotrwałe. Doświadczenie Arago z wirującym

magnesem*) zdawało się jednak wskazywać na działania prądów indukcyjnych stale płynących. Faraday widział już w swej wyobraźni, jak w wirującej tarczy, ustawionej w pobliżu magnesu (doświadczenie Arago) płyną „jego” prądy indukcyjne. Spodziewał się, że przy ich pomocy zdoła po- dać teorię doświadczenia Arago.

Między biegunami silnego magnesu umieścić krążek miedziany, obracający się na osi. Sporządził dwie szczotki miedziane, które nazwał „konduktorami” i przytknął je, jedną do brzegu, drugą do osi tarczy. Galwanometr był niezbyt precyzyjnej roboty, bo składał się z dwu namagnesowanych igieł do szycia, wetkniętych w pionowe suche źdźbło słomy tak, aby tworzyły parę astatyczną. Źdźbło to było zawieszona na nitce jedwabnej w takiej wysokości, że górna igła znajdowała się tuż nad uzwojeniem galwanometru, a dolna w jego wnętrzu. I oto uzyskał Faraday w tem doświadczeniu *po raz pierwszy indukcyjny prąd stały*. Gdy wprawił tarczę w ruch obrotowy, igiełki odchyłały się wówczas aż do 90°. Gdy zmienił kierunek obrotów, zmienił się także i kierunek prądu. Prawo, uzależniające kierunek prądu od biegunowości magnesu i kierunku obrotów, wyraził Faraday w sposób następujący: *Gdy płaszczyzna tarczy jest pozioma, a tarcza wiruje prawoskrętnie, to po umieszczeniu pod brzegiem tarczy bieguna południowego zbierze się na brzegu tarczy elektryczność dodatnia. To samo będzie, gdy zamiast bieguna południowego pod tarczą umieścimy biegun północny nad tarczą.*

Faraday zrozumiał natychmiast, że doświadczenie z tarczą było tylko odmianą prostszego doświadczenia, polegającego na poruszaniu przewodnika w polu magnetycznym. Doświadczenia, przeprowadzone w tym kierunku, potwierdziły w zupełności jego rozumowania. Opierając się na nich, sformułował Faraday swoje słynne prawo indukcji, wprowadzając tu po raz pierwszy pojęcie linii magnetycznych: *Gdy poruszamy drut względem bieguna magnetycznego w ten sposób, że przecina linie magnetyczne, to w drucie tym powstaje prąd indukcyjny*. Przez linie magnetyczne rozumie Faraday linie, według których układają się opiłki żelazne w pobliżu magnesu, lub linie, do których mała igiełka magnetyczna jest w każdym punkcie styczna.

Teraz mógł Faraday z łatwością wytlómaczyć doświadczenie Arago. Uważając tarczę za koło o szprychach bardzo gęsto osadzonych, zrozumie się natychmiast, że w tarczy powstawał prąd w kierunku promieniowym. Prąd ten działał na magnes w ten sposób, jak w doświadczeniu z magnesem, wirującym dokoła prądu, które Faraday przeprowadził w roku 1821. Podążanie magnesu za prądem w doświadczeniu Arago zgadzało się najzupełniej z teorią Ampère'a, gdy się przyjęło kierunek prądu indukowanego w tarczy taki, jaki wypadł z prawa Faradaya.

*) Arago zauważył, że wahająca się igiełka magnetyczna uspakaja się szybciej, gdy umieścimy pod nią płytkę miedzianą, niż wtedy, gdy pod nią jest umieszczony izolator. Gdy tarczę miedzianą pod igiełką wprawił Arago w ruch obrotowy, igiełka miała tendencję do podążania za obrotem tarczy.

Na tem właściwie wyczerpał Faraday wszystkie rodzaje indukcji magneto-elektrycznej. Dalsze jego doświadczenia, publikowane jako t. zw. druga serja doświadczeń, badań nad elektrycznością, dotyczą indukcji w polu ziemskim i mają już raczej charakter badań magnetyzmu ziemskiego z pomocą działań indukcyjnych. Pole ziemskie, jakkolwiek słabsze od pola magnesów sztucznych, dawało jednak tę korzyść, że mogło być uważane za jednostajne.

W wirującej w polu ziemskim tarczy miedzianej o płaszczyźnie poziomej powstawały prądy indukcyjne, które już dość silnie działały na galwanometr. Igiełka inklinacyjna tworzyła z płaszczyzną krążka kąt 70°, który dostatecznie był zbliżony do 90°, aby otrzymać odpowiednio silne działanie indukcyjne. Gdy tarcza obracała się prawoskrętnie, t. j. według wskazówek zegarka, prąd w tarczy płynął od środka ku brzegowi. Największe działania występowały wtedy, gdy oś tarczy była równoległa do kierunku igiełki inklinacyjnej. Gdy oś tarczy była do niej prostopadła, indukcji nie było wcale.

Barlow zauważył, że kulista bomba żelazna działa na igiełkę magnetyczną inaczej w spoczynku, a inaczej w ruchu. Faraday i to zjawisko tłumaczy działaniem prądów indukowanych przez pole ziemskie i urządził kilka doświadczeń, aby to dokładnie zbadać. Przypuszczał z góry, że gdy oś kuli będzie ustawiona w kierunku linii magnetycznych t. j. pod kątem inklinacji, nie popłynie żaden prąd, podobnie jak w tarczy płaskiej, gdy nie zamkniemy jej obwodu przy pomocy szczotek i drutów łączących z galwanometrem. Natomiast spodziewał się, że popłynie prąd, gdy oś kuli będzie prostopadła do kierunku linii sił pola ziemskiego. Doświadczenie potwierdziło rozumowanie Faradaya w zupełności. Wirująca kula odchyłała igiełki magnetyczne tak, jak się tego spodziewał. Użył był do tego doświadczenia celowo kuli z mosiądzu, a więc materiału niemagnetycznego, aby zbić rozumowanie Barlowa, który chciał tłumaczyć zjawisko „zmiana rozkładu magnetyzmu” w żelaznej bombie. — Tak jak poprzednio uważał Faraday krążek za koło o szprychach nieskończenie gęsto umieszczonych, tak i teraz patrzył na kulę jak na zbiorowisko kolistych drutów. Widział w wyobraźni swojej linie magnetyczne, jak przenikają przestrzeń i są przecinane przez kulę. Wnet też dochodzi do wniosku, że indukcja powinna wystąpić i w jednej pętli, gdy się ją obróci w przestrzeni. Dla sprawdzenia tego wygiął miedziany drut w pętlę prostokątną. Dolny bok tego prostokąta wraz z włączonym w nim galwanometrem ustalił. Górny — uczynił obracalnym dokoła dolnego. Gdy tylko wykonał pętlą ruch dokoła dolnego boku, galwanometr się wychylił. *Faraday sam pisze o tem doświadczeniu jako o jedynym w swoim rodzaju, bo wyłączenie wszelkich wpływów ubocznych, prostota „aparatu” i wyraźne jego wskazanie czyni je niejako podstawowem dla zjawisk indukcji magneto-elektrycznej*. Na podstawie tego doświadczenia orzeka Faraday, że w pętli, poruszanej równoległe do linii, sił nie powstanie prąd. Działania indukcyjne rosną ze wzrostem kąta między kierunkiem ruchu a kierunkiem linii sił i osiągają swe maksimum, gdy kąt ten wynosi 90°. Działanie na galwanometr jest w dalszym ciągu

tem silniejsze, im dłuższy drut oraz im większy tor jego ruchu.

Przechodząc z wirującej kuli metalowej do kuli ziemskiej, Faraday rozumował, że i w ziemi, jako w dobrym przewodniku, muszą się indukować oba rodzaje elektryczności pod wpływem obrotu ziemi dokoła swej osi we własnym polu magnetycznym. Dodajmy — na biegunach i ujemna — na równiku. Dziś wiemy, że wniosek ten był mylny; długie jednak lata, prawie aż do naszych czasów, dyskutowano sławne doświadczenie Faradaya z magnesami wirującymi. Gdy jedni mniemali, że magnes obraca się wraz ze swymi liniami magnetycznymi, inni twierdzili, że linie magnesu wirującego około swej osi są nieruchome. Dziś należy przyjąć, (przynajmniej według mego zdania), że magnes wiruje wraz ze swymi liniami*). — Faraday mniemał, że gdyby można zamknąć obwód ziemi przy pomocy drutu i szczotek, przyłożonych do równika i biegunów, to musiałby popłynąć prąd. (Ten wniosek jest słuszny, o ile założymy, że drut nie będzie się obracał wraz z ziemią). Ale i bez pomocy szczotek można by może uzyskać prąd — rozumował Faraday, gdyby się rozpięło w kierunku południowym dwa druty z różnych materiałów, stykające się ze sobą tylko początkami i końcami. Przypuszczał mianowicie Faraday, że działania indukcyjne zależą od materiału przewodnika, mianowicie od jego przewodności właściwej. (Oczywiście Faraday miał tu na myśli prąd indukowany a nie SEM indukcji). Faraday wykonał rzeczywiście to doświadczenie, po którym sobie wiele obiecywał, mając na uwadze olbrzymią prędkość obwodową ziemi. Rozpiął drut miedziany i żelazny, każdy o długości 120 stóp w kierunku południka, połączył je końcami ze sobą i włączył w ten obwód galwanometr. Ale nie otrzymał żadnego wychylenia. Przypuszczał, że przyczyną ujemnego wyniku jest za mała różnica między oporem właściwym żelaza i miedzi. Dzięki wpływom osobom uzyskał od króla angielskiego pozwolenie na wykonywanie doświadczeń nad sztucznym jeziorem w ogrodzie pałacu w Kensington, aby porównać ze sobą dwa tak różne pod względem przewodności materiały, jak miedź i woda. Jezioro to nadawało się znakomicie do tego rodzaju doświadczeń, gdyż posiadało czystą i spokojną wodę. Rozpiął tedy Faraday nad jeziorem drut miedziany o długości około 600 stóp, a końce jego przylutował do dwu płyt miedzianych, zanurzonych w wodzie. Rozciął go następnie w środku i włączył tam galwanometr. Galwanometr dał wprawdzie wychylenie, ale ostrożny i krytyczny Faraday nie daje się zwieść pozornym dodatnim efektem i stwierdza natychmiast przez przełączenie galwanometru i t. p., że otrzymane prądy *nie pochodzą* od działań indukcyjnych, tylko od wpływów ubocznych, jak amalgamowania się drutów (Faraday używał bowiem dla uzyskania dobrych styków miseczek rtęciowych), drobnych różnic w temperaturze wody w różnych miejscach i t. p. Po wyeliminowaniu tych wpływów nie otrzymał żadnego działania na galwanometr i wnosi, że

nawet tak różne substancje, jak woda i miedź, znośły się w skutkach indukcyjnych, gdy przecinały linie magnetyzmu pola ziemskiego z jednakową szybkością. Doświadczenia, które Faraday wykonywał potem na płynącej wodzie, nie dały innych rezultatów. Obecnie wiemy, że doświadczenia te nie mogły się udać, ponieważ druty poruszały się łącznie z polem ziemskim, a ponadto ponieważ indukowana SEM nie zależy od oporu właściwego przewodnika.

Na zakończenie swych rozważań o indukcji w polu ziemskim, Faraday wypowiedział hipotezę (jak sam zresztą przyznał — dość śmiała), że zorze polarne pochodzą może od wyładowań elektryczności, gromadzącej się na biegunach wskutek wirowania ziemi w swym własnym polu magnetycznym. Odchylenia igielki magnetycznej podczas zorzy polarnej, które Fox obserwował w Falmouth, zdawały się przemawiać za tą hipotezą. Obecnie wiemy, że i ten wniosek nie ma uzasadnienia, ale zupełnie pewnego wytłumaczenia zjawiska zorzy polarnej po dziś dzień nie mamy.

Doświadczenia nad indukcją pod wpływem jednostajnego pola ziemskiego potwierdziły przypuszczenia Faradaya, że *do indukcji nie jest konieczny ruch przewodnika z miejsca o większej gęstości linii do miejsca o mniejszej gęstości linii, ale wystarczy przecinanie linii magnetycznych jednostajnej gęstości*.

Ostatniemi ogniwem, zamykającym łańcuch studiów nad indukcją, było zbadanie przez Faradaya samoindukcji. W r. 1834 zauważyli Jenkins i Masson, że przy przerwaniu prądu galwanicznego w dowolnym miejscu obwodu, powstaje iskra, która jest tem silniejsza, im dłuższy jest drut. Najsilniejsze iskry powstawały przy przerwaniu obwodu, zawierającego cewkę. Przy dotknięciu obu rąkami końców cewki w chwili przerwania prądu, uczeni Jenkins i Masson silny wstrząs. Stali wobec tego zjawiska bezradni i dopiero Faraday odkrył jego związek z dobrze mu znanymi działaniami indukcyjnymi. Wytłumaczył to zjawisko w sposób następujący: Gdy prąd znika w jednym zwoju cewki, to w sąsiednich indukuje się prąd o kierunku zgodnym. To samo dzieje się we wszystkich zwojach, działania indukcyjne się dodają, a iskra elektryczna jest właśnie objawem działania tej sumy. Przez włożenie rdzenia żelaznego do cewki wzmocnił Faraday prąd otwarcia, który nazwał „extraprądem” — tak, że mógł nim rozżarzyć cienki drucik platynowy, albo rozłożyć jodek potasu. Faraday przewidział, że także przy zamknięciu obwodu musi powstać „extraprąd”. Doświadczenie potwierdziło to przypuszczenie w zupełności; również i „extraprąd” zamknięcia dawał działania cieplne i chemiczne.

Iskra wskutek działań indukcyjnych przypomina mi następującą anegdotę, opowiedzianą przez prof. Tyndalla: podczas zjazdu British Association w Oxfordzie obecne tam powagi naukowe prosiły Faradaya, aby powtórzył przy nich swe słynne doświadczenie, w którym wytwarza iskrę przy pomocy magnesu. Faraday zgodził się i wykonał eksperyment przy pomocy wielkiego elektromagnesu. Podczas doświadczenia wszedł na salę pewien dostojnik uniwersytecki i zapytał prof. Daniela, stojącego obok Faradaya, co się tu dzieje.

*) Literaturę, dotyczącą sporów na ten temat, zawiera praca Valentiner'a „Die elektrische Rotation und die unipolare Induktion”, Karlsruhe 1904.

Daniel wytłomaczył mu całe zjawisko możliwie popularnie. Dostojnik ów wysłuchał uważnie tych objaśnień, popatrzył na oślepiającą iskrę i, zbierając się do wyjścia, rzekł: „Bardzo żałuję, że się to udało. Będzie to nowa broń w rękach podpalaczy”. Przewidujący dostojnik nie zauważył, że ów podpalacz musiałby nosić ze sobą wielki i ciężki elektromagnes, cewkę indukcyjną i kilkaset ogniów Volty.

Opisane tu w krótkości podstawowe doświadczenia stanowią podwaliny t. zw. *faradayowskiej indukcji elektromagnetycznej*, czyli indukcji w przewodniku. Założenie, że skoro stały prąd elektryczny wznieca stały stan magnetyczny, to i stały stan magnetyczny winien wzniecić stały stan elektryczny, okazało się wprawdzie mylne, doprowadziło jednak Faradaya, po wielu latach prób, do odkrycia, że *zmienne stany magnetyczne wzniecają zmienne stany elektryczne* (prąd indukcyjny), oraz do drugiego zupełnie nie przewidzianego odkrycia, że *ruch przewodnika (pętli) względem pola magnetycznego i pola względem przewodnika powoduje również działania indukcyjne*. — Odkrycie *pierwsze*, sformułowane przez Faradaya w postaci prawa, że *ilość elektryczności wprowadzonej w ruch działaniem indukcyjnym jest proporcjonalna do przyrostu lub ubytku linii magnetycznych objętych pętlą, w której pole magnetyczne ulega zmianom, stanowi pierwsze główne i niewzruszalne prawo indukcji, któremu później przyda Maxwell już tylko szatę matematyczną, doprowadzając je do postaci wzoru $e = \frac{d\Phi}{dt}$, zwanego prawem Maxwella*.

Fundamentalny zespół z parą magnetycznie skojarzonych cewek bez rdzenia i z rdzeniem żelaznym są *prototypami transformatorów próżniowych i rdzeniowych*.

Odkrycie *drugie*, sformułowane przez Faradaya w postaci prawa, że *ilość elektryczności, przeprowadzona przez przewodnik, poruszający się w polu magnetycznym, jest proporcjonalna do ilości przeciętych linii przez przewodnik*, stanowi drugie ważne prawo, które do dziś w postaci wzoru

$$e = B \cdot v \cdot l$$

nazywamy *prawem Faradaya*.

Drut, przecinający linje pola magnetycznego, to załazek, z którego wnet powstaną wszystkie maszyny elektryczne. Fundamentalne doświadczenie z tarczą miedzianą, wirującą w polu magnesu, będzie wzorem, z którego wyjdą późniejsze maszyny unipolarne.

Potężny gmach indukcji wspiera się dotąd na dwu przytoczonych powyżej prawach Faradaya. Główne fundamenty i pierwsze sklepienia tego gmachu wykonał jeden człowiek — on sam, bez niczyjej pomocy. I patrzcie — jak dobrym i przewidyującym był budowniczym. Mimo, że z biegiem lat

na owych fundamentach dalsi badacze stawiali nowe, coraz wyższe mury nauki, mimo, że w gmachu tym elektrotechnicy praktyczni umieszczali kolosy maszynowe wagi setek ton, fundament trzyma, a żadne ze sklepień Faradaya nie posiada nawet rysy, — tak silnie zbudował je człowiek, który zaczął od skromnego ucznia introligatorskiego!

Podstawę indukcji Faradayowskiej stanowi teza, że zjawiska indukcji (elektromagnetycznej) ujawniają się w formie prądu elektrycznego. Podłożem tego prądu może być zarówno przewodnik I-szej klasy (metal), jak i przewodnik II-giej klasy (elektrolit), wogóle materja przewodząca. W tej to materji zmiany stanu magnetycznego indukować mają — w myśl poglądów Faradaya — SEM-czne, wzniecające w obwodzie zamkniętym prąd elektryczny, tak samo, jak go wznieca w takim obwodzie SEM-czna galwanicznych lub cieplnych źródeł prądu. Bez materji niema zatem, w myśl tej koncepcji, żadnych działań indukcyjnych, bo brak jest nie tylko podłoża dla prądu, lecz także siedliska dla indukowanej SEM-cznej. Rozwinięcie poglądów Faradaya doprowadziło w rozwoju kilkudziesięcioletnim do stworzenia najważniejszego działu elektrotechniki, który nosi ten sam tytuł, jaki swemu odkryciu nadał Faraday. Temu to odkryciu zawdzięczamy dziś siłę i światło elektryczne, dzięki niemu możemy przenosić energję w dal, setki kilometrów od miejsca, gdzie w druty i magnesy zaklęta została cudowna moc przyrody, odkryta przez największego geniusza epoki.

Gdy wyczerpany pracą olbrzymów, wielki syn wielkiego Narodu Angielskiego, dochodzi do kresu swej wędrówki, we Florencji Antoni Pacinotti składa mu hołd w postaci pierwszej maszyny prądu stałego (1860). Malenki jest ten upominek: magnes, żelazo i druty — a jednak posiada tę samą czarowną siłę, co setki ogniów Volty.

Powoli i niepewnie kroczą za Faradayem pierwsi elektrotechnicy, trwożąc się, by nie stracili śladów mistrza, który daleko na przedzie wiedzie ich w nieznaną krainę wielkich możliwości. A postać mistrza zwolna chyli się ku ziemi, wołań o radę on wcale nie słucha. Słowa zaklęcia ujawnił wszem wobec, jak dobyć iskrę z żelaza i miedzi, więcej nie powie. Oczyma duszy widzi już kres swej ziemskiej wędrówki i swego następcę Maxwella. Wszak ten, tuż za nim kroczący wybraniec przyszedł na świat wtedy, gdy matka przyroda wyznała Faradayowi największą ze swych tajemnic. Porządkował mu tedy olbrzymią spuściznę, jak dobry ojciec, który już odchodzi. I nie pomylił się w swym ostatnim wniosku. Gdy bowiem żałobna wieść ogłosiła światu, że Michał Faraday nie żyje (1867), James Clark Maxwell czyni ważne postanowienie. Szybko likwiduje swe obowiązki profesorskie w Londynie, porzuca stolicę (1868) i usuwa się w zaciszę wsi rodzinnej, by tam rozwijać dalej genialne dzieło Faradaya — *indukcję elektromagnetyczną*.

R O K F A R A D A Y O W S K I .

(Stulecie indukcji elektromagnetycznej).

Rok 1931, w którym przypadła setna rocznica odkrycia indukcji elektromagnetycznej przez Faradaya, był we wszystkich krajach kulturalnych poświęcony uczczeniu pamięci tego genialnego badacza. Jest to rok wielkich wspomnień, przede wszystkim dla świata fizycznego i elektrotechnicznego, a także dla świata chemicznego, Faraday był bowiem jednocześnie fizykiem i chemikiem. Dla fizyki położył znacznie większe zasługi, w szczególności w zakresie nauki o elektryczności, stwarzając tu podwaliny dla nowej gałęzi technicznej, mianowicie dla elektrotechniki. Ograniczamy się tu do krótkiego przedstawienia charakteru i przebiegu uroczystości faradayowskich w jego własnej ojczyźnie i w naszym kraju.

Anglja. Głównymi organizatorami jubileuszu były dwie instytucje: Instytut Królewski (Royal Institution of Great Britain), ten swoistego charakteru zakład naukowo-badawczy, który był miejscem pracy naukowej Faradaya w ciągu całego jego życia^{*)}, oraz stowarzyszenie elektryków angielskich (Institution of Electrical Engineers). Na uroczystości jubileuszowe, które odbyły się w końcu września w Londynie, zaproszono przedstawicieli właściwych instytucji i organizacji naukowych i naukowo-technicznych z całego świata. Przybyło około 800 delegatów, w tem połowa z zagranicy. Delegatami polskimi byli: inż. Tadeusz Czaplicki (od Stowarz. Elektryków Polskich i Polskiego Komitetu Elektrotechn.), inż. Józef Pawlikowski (od Stow. Elektr. Polskich), inż. Ludwik Tołłoczko (od Polsk. Komitetu Energetycznego) i prof. Ludwik Wertenstein (od Polsk. Tow. Fizycznego). Przy przedstawianiu delegatów w Instytucie Królewskim wyświetlano zapomocą przezroczycy odpowiednie widoki z miejsca pochodzenia delegatów (najczęściej fotografie gmachów, w których mieszczą się reprezentowane instytucje, lub widoki innych godnych uwagi budowli). W chwili przedstawiania delegacji polskiej na ekranie przesunęły się: dziedziniec Biblioteki Jagiellońskiej z pomnikiem Kopernika, pałac Staszycy, jako siedziba Towarzystwa Naukowego w Warszawie i Instytutu Popierania Nauki, oraz nowy gmach Ministerstwa Robót Publicznych, jako siedziba Polsk. Komit. Energetycznego.

Z okazji jubileuszu Instytut Królewski nadał pewnej liczbie uczonych angielskich i zagranicznych tytuł członka honorowego Instytutu. Znalazł się wśród nich i nasz rodak, pracujący na obczyźnie, profesor chemii fizycznej na uniwersytecie monachijskim, dr. K. Fajans.

Instytut wystawił na czas uroczystości wszystkie pamiątki, pozostałe po Faradaju (jego przyrządy, rękopisy, dzieła drukowane, podobizny i t. p.) oraz otworzył gościom dostęp do wszystkich pomieszczeń Instytutu, w tej liczbie do dawnej pracowni Faradaya. Najbardziej bodaj podniosłym momentem uroczystości w Instytucie było zebranie delegatów w audytorjum, w którym przed stu laty wykladał Faraday, i ta chwila, kiedy obecny następca Faradaya na fullerowskiej katedrze chemii prof. William Bragg na tem samym miejscu, na którym ongi Faraday wykonywał doświadczenia przed słuchaczami, i przy pomocy przeważ-

nie oryginalnych przyrządów Faradaya odtworzył szereg jego historycznych doświadczeń.

Stowarzyszenie elektryków angielskich przy współudziale Instytutu i przy bardzo życzliwym poparciu organizacji przemysłowych urządziło w tygodniu jubileuszowym wspaniałą wystawę, która zarówno co do zewnętrznego układu, jak i co do swej idei przewodniej odznaczała się niezwykle oryginalnością pomysłu. Celem wystawy było pokazanie, czego dokonał Faraday i do jakich rezultatów doprowadziły do dnia dzisiejszego jego wiekopomne odkrycia. Pośrodku olbrzymiej okrągłej sali Royal Albert Hallu umieszczono wielką statwę Faradaya. Przejęcia między eksponatami miały kierunek promieni, wychodzących ze środka, oraz kierunek współśrodkowych kół. Tuż u podnóża posągu były zebrane naokoło dokumenty historyczne, dotyczące odkryć Faradaya (oryginalne przyrządy, rękopisy i t. d.). Następnę koło koncentryczne zajmowały przyrządy, przystosowane do wykonywania zasadniczych doświadczeń Faradaya, fizycznych i chemicznych, w formie możliwie identycznej do doświadczeń oryginalnych. Studenci bezustannie powtarzali przed publicznością te doświadczenia, a niektóre z nich mogła wykonywać sobie sama publiczność. W następnych kołach koncentrycznych był pokazany dalszy rozwój poszczególnych odkryć i ich stopniowe zastosowanie techniczne. Dzisiejszy stan rzeczy był przedstawiony na peryferji, t. j. na największym kole zewnętrznym. W ten sposób w każdym stopniowo rozszerzającym się wycinku koła pokazano, jak z pierwszej idei, z pierwszego odkrycia Faradaya z biegiem czasu wyrosły całe dziedziny techniki współczesnej. W środku sali naokoło figury Faradaya widzieliśmy eksperymentalne badania z dziedziny indukcji, magnetyzmu, pola elektrycznego, wyładowań w środowisku gazowym, chemii i elektrochemii, w dalszych zaś pierścieniach i na obwodzie sali przedstawiono wytwarzanie, mierzenie, przetwarzanie, przesyłanie i rozdział energii elektrycznej, zastosowanie jej w przemyśle, w gospodarstwie domowym i do celów transportowych, telegrafję, telefonję i radio, wreszcie dzisiejszy stan elektrochemii i elektrometalurgji, tudzież niektórych działów chemii (stal, benzol, szkło, skraplanie gazów i t. d.). Tak bogaty materiał udało się ulokować na niewielkiej przestrzeni w sposób nadzwyczaj przejrzysty tylko dlatego, że wystawa nie była nagromadzeniem firmowych stoisk z natrętną i krzykliwą reklamą, lecz logicznie i naukowo usystematyzowanym pokazem, mającym na widoku przede wszystkim łatwość orientowania się i korzyść zwiedzającego. Nie było powtarzania się tych samych przedmiotów; eksponaty, pochodzące z różnych firm, były pomieszane, każdy z nich był zaopatrzony w widoczną, lecz skromną tabliczkę firmową, napisy zaś wielkimi literami podawały cenne objaśnienia rzeczowe o znaczeniu lub przeznaczeniu poszczególnych przedmiotów.

W osobnej sali w tymże Albert Hallu odtworzono w naturze w naturalnej skali fragment pracowni Faradaya według dawnej akwareli, której reprodukcję czytelnik znajdzie w niniejszym numerze, jako ilustrację do artykułu inż. T. Czaplickiego. Jeszcze w innej sali wyświetlano film dźwiękowy, przedstawiający życie i pracę Faradaya.

Poza posiedzeniem odczytów stowarzyszenia elektryków angielskich, poświęconem Faradayowi, odbyła się uroczysta wspólna akademja, transmitowana przez radio, na

^{*)} Bliższe informacje o powstaniu, ustroju i działalności Instytutu Królewskiego, zawiera broszura inż. Tadeusza Czaplickiego pod tyt.: „Michael Faraday, ojciec elektrotechniki“, Warszawa, 1931.

której przemawiali: premier MacDonald oraz następujący wybitni przedstawiciele nauki i techniki: de Broglie, Marconi, Elihu Thomson, Zeeman, Debye, Rutherford i Bragg.

W dniu, poprzedzającym tydzień jubileuszowy, przedstawiciele Instytutu Królewskiego i stowarzyszenia elektryków angielskich złożyli wieńce laurowe na grobie Faradaya; w ciągu tygodnia delegaci mieli możliwość zwiedzenia domu w Hampton Court, w którym Faraday mieszkał w ostatnich latach swego życia i w którym umarł (widok grobu i widok tego domu są również podane w niniejszym numerze). W kilka dni po zakończeniu uroczystości odsłonięto w opactwie westminsterskim pomniki Faradaya i Maxwella; ceremonii dokonał prof. J. J. Thomson.

Liczne pisma techniczne i niektóre dzienniki angielskie wydały specjalne numery, poświęcone Faradayowi. Iluminacja kilkudziesięciu gmachów w Londynie, urządzona z okazji Międzynarodowego Kongresu Oświetleniowego, była przedłużona na tydzień jubileuszowy Faradaya.

Instytut Królewski i stowarzyszenie elektryków angielskich otrzymały wielką ilość adresów z całego świata, w tej liczbie kilka z Polski (od Stow. Elektryków Polskich, od Polskiego Tow. Fizycznego, od Polsk. Kom. Energetycznego, od Akademii Umiejętności, uniwersytetów i t. d.).

Polska. Poza udziałem Polski w uroczystościach londyńskich, jak podano wyżej, nauka polska i elektrotechnika polska złożyły należyty hołd genjuszowi Faradaya przez zorganizowanie szeregu uroczystości faradayowskich na terenie naszego kraju. Zapoczątkowało je Stowarzyszenie

Elektryków Polskich, połączywszy obchód ku czci Faradaya ze swem Walnem Zgromadzeniem, które odbyło się we Lwowie w maju 1931 r. Wygłoszone tam przez inż. T. Czaplickiego i prof. S. Fryzego odczyty drukujemy (pierwszy w wyciągach, drugi w całości) w numerze niniejszym, poświęcając ten numer w ten sposób pamięci wielkiego badacza.

Drugim wyrazem czci dla Faradaya w Polsce była uroczysta Akademia, zorganizowana 6 listopada w Warszawie przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich łącznie z Polskim Towarzystwem Fizycznym i Polskim Towarzystwem Chemicznym przy poparciu Polskiej Akademii Umiejętności, Akademii Nauk Technicznych, Towarzystw Naukowych w Warszawie i Lwowie i przy współudziale szeregu innych poważnych organizacji naukowych z różnych miast polskich (por. program, podany w „Przeł. Elektr.”, Nr. 21, str. 659). W przemówieniach, wygłoszonych przez profesorów S. Pieńkowskiego, W. Natansona, W. Świętosławskiego i inż. T. Czaplickiego, dano charakterystykę Faradaya jako fizyka i chemika, oraz oświetlono jego zasługi dla elektrotechniki. Uroczystość uświetnił swą obecnością Pan Prezydent Rzeczypospolitej, prof. dr. inż. Ignacy Mościcki. Na akademii był również obecny Minister Robót Publicznych, p. M. Norwid-Neugebauer i inni przedstawiciele rządu. Przewodniczył prof. Pieńkowski.

Poza wymienionymi wyżej obchodami były organizowane w wielu miastach polskich lokalne obchody na mniejszą skalę. Upamiętniono też rocznicę wielkiego odkrycia w szkołach. Prasa fachowa i ogólna zamieściła dużą ilość artykułów, poświęconych Faradayowi.

UDZIAŁ ZAGRANICZNYCH PRZEDSIĘBIORSTW TRAMWAJOWYCH NA MIĘDZYNARODOWEJ WYSTAWIE KOMUNIKACJI I TURYSTYKI W POZNANIU.

Inż. Wiktor Przelaskowski.

(Dokończenie).

Starając się zadośćuczynić potrzebom ruchu i życzeniom pasażerów, zwiększano ilość linii i ilość kursujących wozów, w końcu jednak na niektórych ulicach w centrum osiągnięto nasycenie: tramwaje i autobusy kursowały w takiej ilości, że zwiększenie gęstości ruchu zamiast polepszać komunikację pogorszyłyby ją. Stwierdzono, że wady sieci tramwajowej w centrum były następujące: zbyt wielka ilość linii, zbyt wielka długość tych linii, posiadających pozatem odcinki wspólne, zbyt mała ilość przewozów, brak ujednostajnienia przebiegu poszczególnych linii, złe wyzyskanie wozów z powodu braku ich ujednostajnienia.

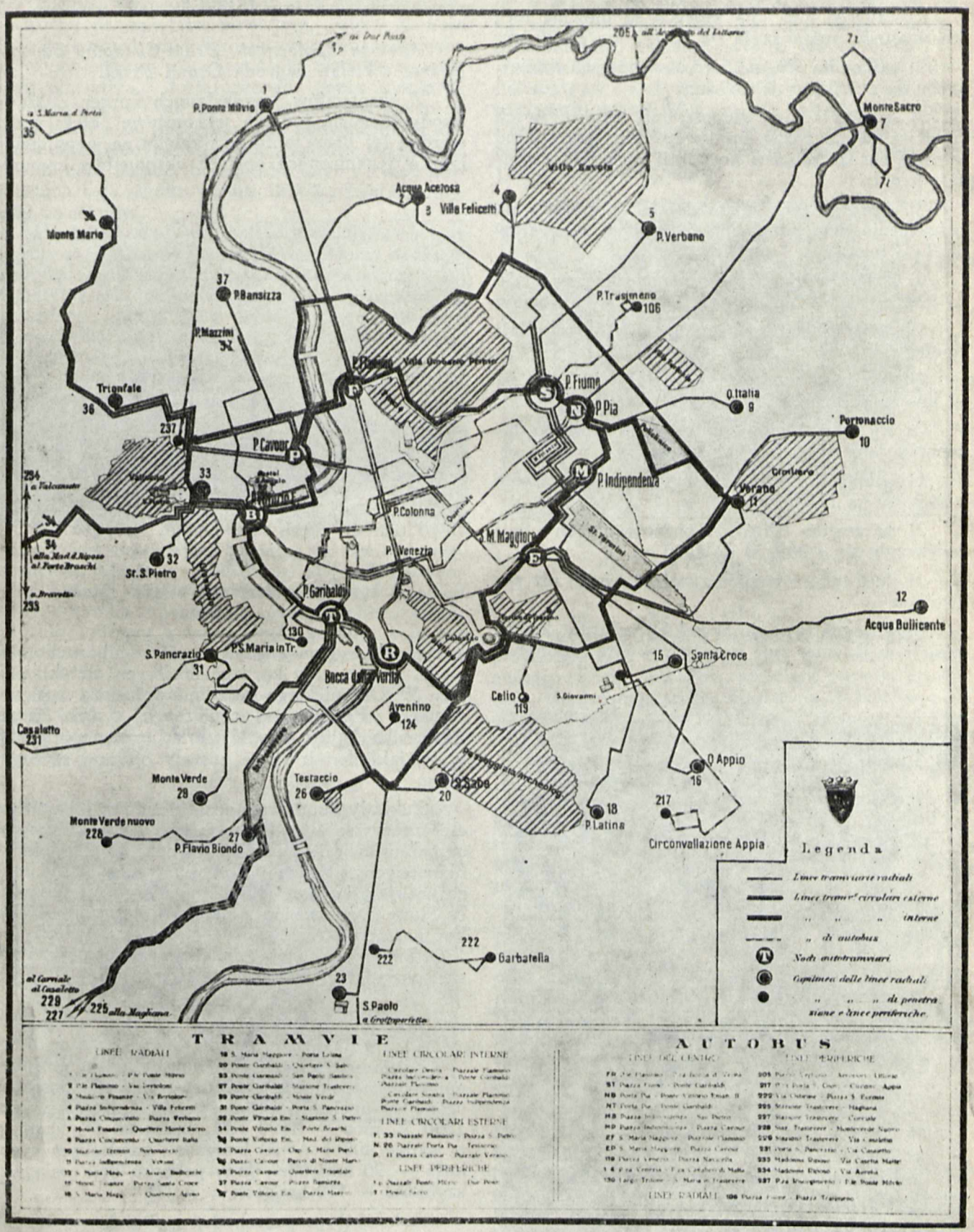
Radykalnym rozwiązaniem sprawy byłoby wybudowanie kolei podziemnej, jednakże załatwienia tej sprawy nie można oczekiwać wcześniej, niż za 10 lat. Projekt linii kolei podziemnej, zatwierdzony w grudniu 1929 r., przewiduje wybudowanie w ciągu 12 lat trzech linii o długości ogólnej ok. 24,5 km.

Aby poprawić doraźnie sytuację, rozważono różne propozycje i zdecydowano się ostatecznie na

usunięcie linii tramwajowych z centrum miasta i na pozostawienie tam tylko autobusów. Reforma została dokonana w styczniu 1930 r. Po jej dokonaniu zarysowały się trzy wyraźne okręgi komunikacyjne (rys. 5):

1) Centrum, mające mniej więcej formę koła o promieniu około 1300 m, obsługiwane wyłącznie przez autobusy, kursujące na jedenastu liniach; 2) pierścień o szerokości około 200 m, otaczający centrum, obsługiwany przez tramwaje, kursujące na 26 liniach, skierowanych promieniowo, na 20 wewnętrznych okólnych liniach i na 2 zewnętrznych, również okólnych; 3) dalekie krańce miasta, obsługiwane przez jedenaście linii autobusowych, które w miarę rozwoju frekwencji mają być zastąpione tramwajami (rys. 5 i 6).

Przy dokonywaniu tej reformy zaszła konieczność stworzenia pierścienia linii tramwajowych o ruchu w obu kierunkach, okalającego centrum na wzór Ringu wiedeńskiego. Drugą podstawą reformy było ujednostajnienie taboru.



Rys. 5.

Plan sieci komunikacyjnej m. Rzymu.

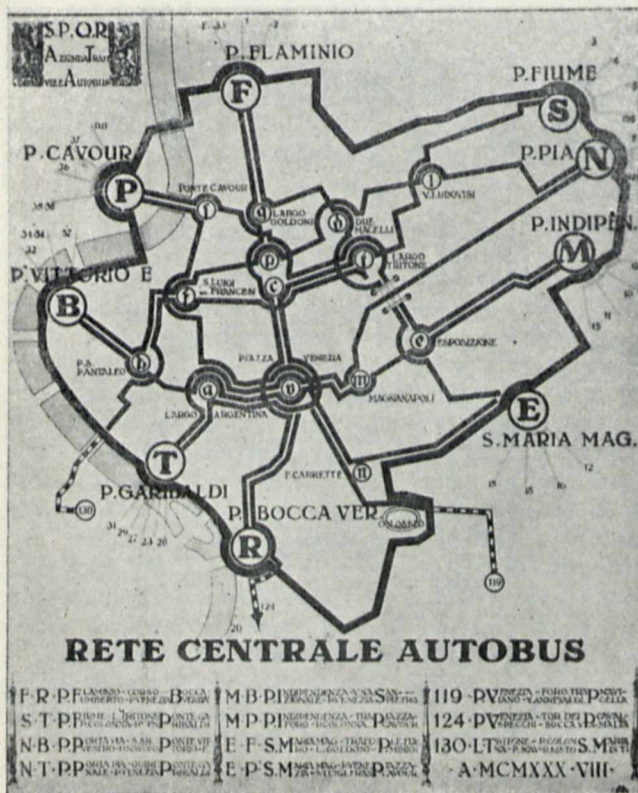
W rezultacie po dokonaniu reformy osiągnięto następujące wyniki:

- 1) długość ulic, na których są ułożone tory tramwajowe, zmniejszyła się ze 117 km do 95 km;
- 2) całkowita długość torów szynowych zmniejszyła się z 210 km do 169 km;
- 3) eksploatacyjna długość linii tramwajowych zmniejszyła się z 350 km do 137 km, gdyż przed reformą bardzo znaczna ilość linii posiadała wspólne odcinki;
- 4) wprowadzone uproszczenia pozwoliły na zwiększenie przeciętnej gęstości ruchu tramwajów do 2—3 minut;
- 5) ilość wozów w ruchu zmniejszyła się z 486 do 396, co pozwoliło usunąć starsze typy wozów;
- 6) przeciętna długość poszczególnych linii zmniejszyła się z 7 km do 4,2 km;
- 7) szybkość handlowa wzrosła z 10,7 km na 12 km na godzinę.

Co się tyczy sieci autobusowej, zmiany po dokonaniu reformy były następujące:

- 1) długość linii eksploatowanych wzrosła z 34,9 km na 112 km;
- 2) przeciętna długość poszczególnych linii zwiększyła się z 2450 m do 3420 m;
- 3) ilość taboru w ruchu została więcej niż podwojona.

Przy rozpatrywaniu wyników reformy komunikacji w Rzymie nie należy również zapominać



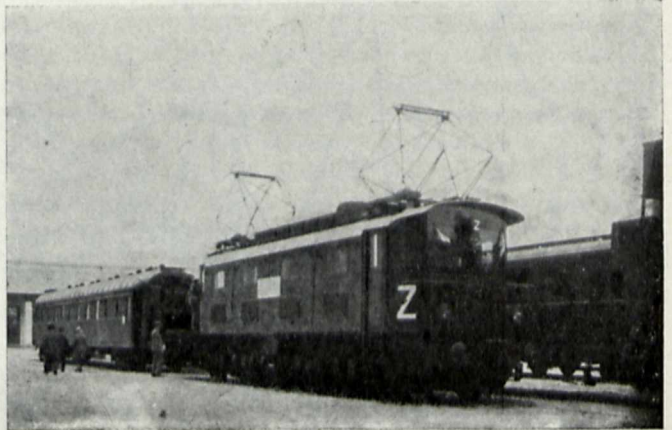
Rys. 6.

Plan sieci autobusowej w śródmieściu Rzymu.

o względach estetycznych; wygląd śródmieścia, pełen historycznych pamiątek, ogromnie zyskał po skasowaniu sieci tramwajowej.

Akciova Spolecnost Drive Skodovy Zavody, Pilzno. (Wielka nagroda Grand Prix).

Z eksponatów, nadesłanych przez Zakłady Skody, omówię jedynie lokomotywę elektryczną wyrobu tej firmy, a to ze względu na wypełnienie luki w technicznych opisach eksponatów komuni-



Rys. 7.

Lokomotywa elektryczna Zakładów Skody.

kacyjnych wystawy, gdyż w opisie taboru kolejowego, podanym w bardzo ciekawym artykule p. inż. M. Odlanickiego-Poczobuta (zeszyt sprawozdawczy „Przeгляdu Technicznego” z dnia 22 października 1930 r. Nr. 42), brak opisu tej lokomotywy, jakkolwiek inne zostały opisane szczegółowo.

Zakłady Skody rozpoczęły budowę lokomotyw elektrycznych w r. 1926; w tym roku 13 państw na całym świecie posiadało odcinki kolei zelektryfikowanych, o łącznej długości torów 11 182 km; największą ilość zelektryfikowanych linii posiadały Stany Zjednoczone Ameryki Północnej — 3000 km, następnie Szwajcaria — 1664 km, Włochy — 1364 km, potem szereg innych państw; najkrótszą sieć posiadała Hiszpanja — 63 km.

Ogólne dane.

Zakłady Skody budują normalnotorowe lokomotywy na prąd stały typu 1—2+2—1, przeznaczone do pociągów pociągów pośpiesznych; napięcie wynosi 1500 V, moc — 1600 KM, szybkość z pociągiem o wadze 400 t — 50 km/godz.; największa szybkość — 90 km/godz.; przy próbach była osiągnięta szybkość — 110 km/godz. (rys. 7).

Lokomotywa przechodzi spokojnie po łukach o promieniu 100—180 m. Rozstaw osi — 1400 mm; przekładnia zębata 1:3,65; waga urządzeń mechanicznych — 50 t, elektrycznych — 34 t, razem — 84 t; największa siła pociągowa na obwodzie kół pędnych — 16 000 kg, godzinowa — 8 600 kg, stała — 6 500 kg.

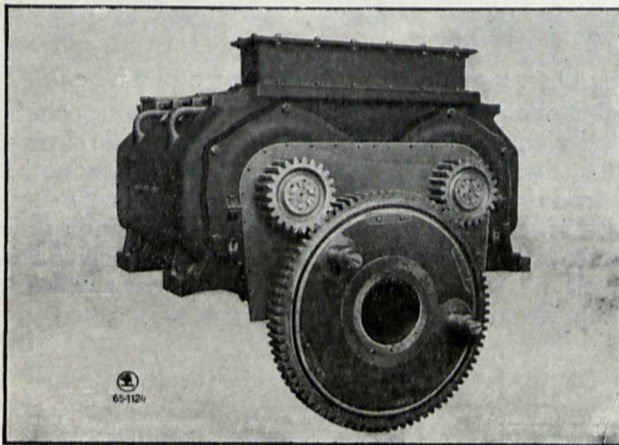
Lokomotywa posiada hamulec ręczny, który przy nacisku 50 kg na obwodzie koła hamuje 28% przyczepnej wagi lokomotywy, oraz hamulec pneumatyczny na sprężone powietrze, który hamuje 80% całkowitej wagi lokomotywy; sypanie piasku na szyny odbywa się również za pomocą sprężonego powietrza, dostarczanego przez sprężarkę o wydajności 97 m³ powietrza na godzinę przy prężności 7 atm. Sprężarka jest pędzona przez silnik o uzwojeniu szeregowym, włączony bezpośrednio do sieci jezdnej o napięciu 1350 V; moc półgodzinna tego silnika wynosi 12 kW; ilość obrotów 1500 na minutę.

Pudło lokomotywy zostało podzielone na trzy części: w środkowej mieści się aparatura, w skrajnych znajdują się stanowiska do prowadzenia lokomotywy. Na pulpicie motorowego znajduje się woltomierz, wskazujący napięcie sieci, amperomierz, wskazujący natężenie prądu, pobieranego przez lokomotywę, oraz dwa amperomierze, wskazujące natężenie prądu, pobieranego przez każdą z dwóch grup silników. Pomosty przy stoiskach motorowego są oszklone z trzech stron w celu zapewnienia dobrego pola widzenia na wszystkie strony.

Silniki.

Do napędu lokomotywy służą silniki dwutornikowe, posiadające wspólną skrzynię z magnęśnicami. Każda z czterech osi pędnych lokomotywy posiada napęd indywidualny przy pomocy jednego silnika zdwojonego, umieszczonego symetrycznie nad osią w taki sposób, że duże koło zębate, znajdujące się na osi, jest napędzane przez oba małe koła twornikowe (rys. 8).

Moc godzinowa silnika wynosi 425 KM, napięcie 1350 V, ilość obrotów — 650 na minutę. Silniki posiadają cztery główne bieguny i cztery zwrotne (rys. 9).

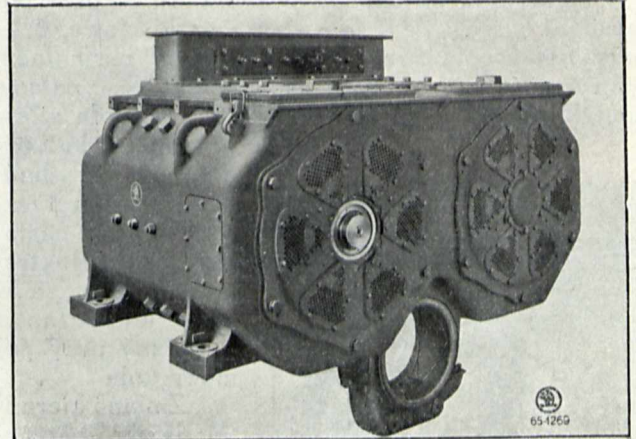


Rys. 8.

Napęd osi lokomotywy Skody.

Po osiągnięciu ustalonej szybkości dalsze zwiększanie jej odbywa się przy pomocy osłabiania pola głównego silników do 82,5%, następnie do 57,5% i w końcu na 40% pola normalnego; w tym ostatnim przypadku okazało się koniecznym zastosowanie uzwojenia kompensacyjnego w celu zapewnienia dobrej komutacji.

Silniki i opory rozruchowe są sztucznie wentylowane za pomocą wentylatora o wydajności 230 m³ powietrza na minutę przy ciśnieniu 95 mm słupa wodnego; wentylator jest napędzany silnikiem pomocniczym, dwubiegunowym, szeregowym, 1350 V, 10 kW, 1500 obr./min. Każdy zdwojony silnik lokomotywy waży ok. 4900 kg; gwarantowana sprawność wynosi 87% wraz z przekładnią zębatą. Przy próbach osiągnięto z przekładnią — 90%, bez przekładni — 91%; przekładnia zużywa więc 1% przenoszonej mocy.



Rys. 9.

Silnik lokomotywy Zakładów Skody.

Przy przepisanych ciepłotach moc silnika wyniosła 500 KM, t. j. o 17% więcej od mocy nominalnej, co jest dowodem, że silnik posiada doskonałą wentylację; waga silnika na 1 KM wynosi 4900:500=9,8 kg.

Sterowanie.

Sterowanie lokomotywy posiada rozrząd elektro-mechaniczny i jest dokonywane za pomocą serwowalnika o mocy 1 KM, napięciu 48 V i 1100 obr./min.; na 1 stopień obrotu nastawnika serwowalnik wykonuje osiem obrotów.

Prąd do zasilania urządzeń sterowniczych jest pobierany ze specjalnego zespołu, składającego się z silnika i prądnicy. Silnik posiada moc 2,5 kW przy napięciu 1350 V i 3000 obrotów na minutę; prądnica posiada moc 1,5 kW i daje napięcie 50 V. Silnik jest włączony do sieci roboczej i posiada uzwojenie dodatkowe, przeznaczone do utrzymania stałej ilości obrotów przy wahaniami napięcia w granicach 900—1650 V.

Równoległe z prądnicą jest włączona bateria akumulatorów, składająca się z 2 części; każda z nich posiada po 24 ogniwa, połączone szeregowo; pojemność całej baterji wynosi 114 amperogodzin przy 10-godzinnym wyładowaniu i w razie uszkodzenia zespołu przetwórczego wystarcza do zasilania urządzeń sterowniczych w ciągu 12 godzin.

Silniki pomocnicze są włączone bez oporów rozruchowych; przy próbach ustalono, że można włączać w taki sposób silniki przy napięciu do 2000 V, sterowanie pomocniczych silników jest elektro-pneumatyczne.

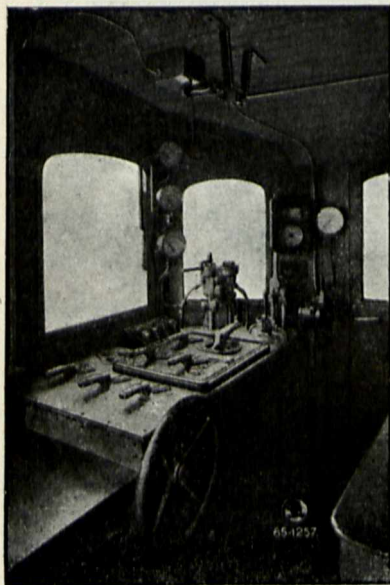
Nastawnik.

Główny nastawnik, wykonany w formie pulpitu, umożliwia łączenie silników najpierw szeregowo po dwa w każdej grupie, a grupy — równolegle, a następnie — wszystkie silniki równolegle przy polu normalnym i osłabionem. Grupy silników są połączone stale równolegle; przełączanie odbywa się wewnątrz grup. Każdy silnik składa się właściwie z dwóch silników, połączonych na stałe szeregowo.

Nastawnik posiada 22 pozycje: 10 — przy połączeniu szeregowo, 3 pozycje przejściowe, 6 — przy połączeniu równoległym i przy normalnym polu oraz 3 — przy polu osłabionem; ilość palców kontaktowych — 38; każdy kontakt posiada własną komorę z indywidualnym wydmuchem magnetycznym. Napęd nastawnika jest elektromechaniczny, a w razie konieczności — ręczny przy pomocy koła.

Zmiana kierunku jazdy lokomotywy odbywa się za pomocą dwóch przełączników po jednym dla każdej grupy silników. Każdy przełącznik jest zaopatrzony w osiem palców kontaktowych i pracuje bez wydmuchu magnetycznego ponieważ przełączenia następują bez prądu; napęd przełączników — elektro-pneumatyczny.

Zmiana kierunku jazdy lokomotywy odbywa się za pomocą dwóch przełączników po jednym dla każdej grupy silników. Każdy przełącznik jest zaopatrzony w osiem palców kontaktowych i pracuje bez wydmuchu magnetycznego ponieważ przełączenia następują bez prądu; napęd przełączników — elektro-pneumatyczny.



Rys. 10.

Stoisko motorowego w lokomotywie Zakładów Skody.

Na pulpicie nastawnika głównego oprócz przyrządów mierniczych znajdują się cztery korby: 1) główna, 2) przełącznika kierunku jazdy, 3) głównego samoczynnego wyłącznika, 4) pantografu. Wszystkie korby są ze sobą powiązane mechanicznie w taki sposób, że można je włączać tylko w przepisanej kolejności, co wyklucza możliwość błędnych połączeń. Na rys. 10 widzimy stoisko

motorowego i pulpitu nastawnika, na którym znajdują się cztery wyżej wymienione korby.

Korba, przeznaczona do podnoszenia i opuszczania pantografu, może być zdjęta tylko przy opuszczonym pantografie i służy jako zamknięcie wszystkich pozostałych korb, które mogą być uruchamiane tylko przy pantografie podniesionym.

Oporniki rozruchowe składają się z płyt, łączonych po dwie równolegle i umieszczonych w 4 ramach na dachu lokomotywy pomiędzy pantografami. Oporniki są przykryte pokrywami z otworami żaluzjowymi do chłodzenia; nagrzane powietrze jest wysysane za pomocą wentylatora, który jednocześnie służy do chłodzenia silników.

Wyłącznik samoczynny.

Główny wyłącznik samoczynnie wyłącza prąd przy przeciążeniu każdego z silników lub grupy silników oraz przy braku napięcia; wyłącznik posiada cztery przekaźniki nadmiarowe od poszczególnych silników i dwa przekaźniki nadmiarowe od każdej grupy silników, połączonych szeregowo, jak również przekaźniki, działające w razie braku napięcia. Szybkość działania wyłącznika wynosi 0,02 sekundy; wyłącznik może być również otwierany i zamykany ręcznie.

Pantograf.

Lokomotywa posiada dwa pantografy, włączone równolegle i czynne jednocześnie w celu zapewnienia nieprzerwanego odbioru prądu przy dużych szybkościach, gdy jeden z nich może na chwilę stracić kontakt z przewodem jezdny.

Natężenie prądu na 1 pantograf wynosi przy rozruchu 2 500 A, przy biegu z szybkością 110 km/godz. — 1000 A; budowa pantografu umożliwia odbiór prądu przy napięciu do 5000 V.

Podnoszenie i opuszczanie pantografu odbywa się przy pomocy sprężonego powietrza; najwyższe i najniższe położenia pantografu różnią się o 2440 mm; nacisk na przewód jezdny jest prawie stały i wynosi 12 kg.

Ogrzewanie i oświetlenie.

Lokomotywy Zakładów Skody posiadają oświetlenie i ogrzewanie elektryczne, do którego służą dwa grzejniki o mocy 1,2 kW, włączone bezpośrednio do sieci jezdnej i pracujące przy napięciu 1350 V; oprócz tego lokomotywa posiada grzejniki o mocy 500 W, zasilane prądem niskiego napięcia 60 V; do oświetlenia lokomotywy jest używane również napięcie niskie.

Z ŻYCIA ORGANIZACYJ.

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH.

Międzynarodowy Kongres Elektryczny.

Komunikat.

W listopadzie odbyło się posiedzenie Zarządu Polskiego Komitetu Międzynarodowego Kongresu Elektrycznego z udziałem kierowników poszczególnych Sekcyj Kongresu. Na posiedzeniu tem Sekretarz Generalny Komitetu zdał sprawę z dotychczasowych prac przygotowawczych, a mianowicie: zorganizowany został Polski Komitet, w skład którego weszły poza Stowarzyszeniem Elektryków Polskich i Polskim Komitetem Elektrotechnicznym następujące instytucje i organizacje:

Akademja Górnicza w Krakowie.
Instytut Badań Chemicznych.
Obserwatorium Magnetyczne w Świdrze.
Państwowy Instytut Meteorologiczny.
Polskie Towarzystwo Fizyczne.
Sekcja Radjotechniczna Stowarzyszenia Elektryków Polskich.
Stowarzyszenie Teletechników Polskich.
Wydział Elektryczny Politechniki Warszawskiej.
Wydział Elektryczny Politechniki Lwowskiej.
Uniwersytet Warszawski
Uniwersytet Jagielloński.
Uniwersytet Jana Kazimierza.
Uniwersytet Stefana Batorego.
Uniwersytet Poznański.
Związek Elektrowni Polskich.
Związek Przedsiębiorstw Elektrotechnicznych.

Powołane zostały do życia Sekcje analogiczne do organizacji Komitetu międzynarodowego, przy czym zadaniem kierowników tych Sekcyj jest przygotowanie w danym zakresie udziału Polski w Kongresie. Stwierdzono, że z poszczególnych Sekcyj zgłoszono ogółem około 20-tu referatów i komunikatów naukowych, tematy zaś ich zostały zakomunikowane Komitetowi międzynarodowemu i wpisane do programu Kongresu.

Na podstawie uzyskanych z Paryża informacji, Kongres odbędzie się w lipcu 1932 roku, językami Kongresu będą francuski, angielski i niemiecki. Rozmiary referatów nie mogą przekraczać 15-tu stron, rozmiary komunikatów naukowych 5 stron tekstu przy 2 500 literach na stronę. Termin nadsyłania referatów upływa dnia 1-go stycznia 1932 roku.

Polski Komitet Kongresu rozsyła do członków wszystkich instytucji, zrzeszonych w Komitecie, okólniki z kartami zgłoszeń udziału w Kongresie. Dotychczas zgłosiło swój udział około 50-ciu osób. Dalsze zgłoszenia przyjmuje Sekretariat Komitetu (Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Warszawa, Królewska 11). Osoby, które nie otrzymały dotychczas okólnika, jak również życzące sobie uzyskać bliższe informacje, są proszone o zwracanie się listownie do Sekretariatu Komitetu.

ODDZIAŁ LWOWSKI

1) Celem uczczenia pamięci Edisona, zmarłego dnia 1 października b. r., odbyło się staraniem Oddziału Lwowskiego SEP dnia 18 listopada b. r. zebranie członków Polskiego Towarzystwa Politechnicznego i Oddziału Lwowskiego SEP, na którym Prof. Dr. Inż. Stanisław Fryze wygłosił półtoragodzinny odczyt p. t.: „Tomasz Alva Edison”.

Prelegent przedstawił barwnie i z pietyzmem życiorys i omówił dzieła wielkiego człowieka i wynalazcy. Bardzo liczne przezrocza stanowiły interesujące tło pięknej prelekcji w czasie całego jej trwania.

Treść odczytu podana była osobno w „Przeglądzie Elektrotechnicznym”. Sala P.T.P. była szczególnie zapelniona, a zebrani członkowie i goście dziękowali prelegentowi gorącymi oklaskami za ciekawy i pouczający wykład.

2) Celem uczczenia 100-letniej rocznicy urodzin J. C. Maxwella odbyło się staraniem Polskiego Towarzystwa Fizycznego, Polskiego Towarzystwa Politechnicznego i Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika we Lwowie we czwartek dnia 19 listopada b. r. w sali wykładowej Instytutu Geologicznego Uniwersytetu Jana Kazimierza przy ul. Długosza uroczyste posiedzenie, na którym prof. Politechniki dr. Tadeusz Malarski wygłosił odczyt p. t.: „O życiu i pracach naukowych Jakóba Clerka Maxwella”, omawiając wyczerpująco życiorys i prace naukowe Maxwella.

—o—

ODDZIAŁ KRAKOWSKI.

Przyjęci na członków zbiorowych:

Elektrownia Okręgowa w Zagłębiu Krakowskim, Sp. Akc. — Siersza Wodna, poczta Trzebinia.

Na Walnem Zgromadzeniu reprezentować będą pp. inż.:
Zdzisław Rauch i Adolf Morawski.

Elektrownia Miejska w Krakowie,
Dajwór Nr. 27.

Na Walnem Zgromadzeniu reprezentować będą pp.:
Dyr. inż. Henryk Dubeltowicz i prof. inż.
L. Zgliński.

ODDZIAŁ WARSZAWSKI.

Przyjęci na członków zwyczajnych.

Smirnow Jerzy, Puławska Nr. 71 m. 64 — Warszawa.

Kozłowski Tadeusz Ewaryst, Saska Nr. 103 m. 3 — Warszawa.

Tałandziewicz Zygmunt, Złota Nr. 60 m. 5 — Warszawa.

Zgłoszenia na członków zwyczajnych:

Kulesza Konstanty, Natolińska Nr. 7 m. 29 — Warszawa.

Straszewicz Jan, Marszałkowska Nr. 119 — Warszawa.

Bukowiński Zbigniew, Polna Nr. 72, m. 9 — Warszawa.

S Z K O L N I C T W O .

Rozpoczęcie nowego roku szkolnego w Szkole Doksztalczącej Zawodowej dla monterów elektryków Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Warszawie.

Zapisy kandydatów rozpoczęły się w roku bieżącym w Szkole Doksztalczącej Zawodowej dla monterów elektryków Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Warszawie dnia 27 sierpnia i trwały do dnia 5 września. Zajęcia szkolne rozpoczęły się w dniu 11 września r. b.

Pod względem kwalifikacji, wymaganych od kandydatów przy przyjmowaniu ich do szkoły, obecny rok szkolny tem się różni od poprzednich, że zrezygnowano z przyjmowania kandydatów bez egzaminów wstępnych; stosowano to poprzednio względem osób, posiadających świadectwo z ukończenia siedmiu oddziałów Szkoły Powszechnej. Doświadczenie z lat ubiegłych wykazało bowiem, że znaczny odsetek przyjętych do szkoły uczniów, mimo posiadania wymaganego świadectwa z ukończenia 7 oddziałów Szkoły Powszechnej, wykazywał przy sprawdzaniu ich wiedzy tak poważne braki wiadomości zasadniczych, że pozostawanie ich w szkole było narazie absolutnie niemożliwe. Wobec tego zastosowano w bieżącym roku szkolnym w stosunku do wszystkich bez wyjątku kandydatów, wstępujących do klasy I-ej, egzamin sprawdzający z rachunków, języka polskiego i nauki o Polsce. Kandydaci, nie posiadający świadectwa z ukończenia Szkoły Powszechnej, przyjmowani nie byli, gdyż nie dopuszczono ich wogóle do powyższego egzaminu sprawdzającego.

W stosunku do uczniów, przyjmowanych do klas wyższych — II-ej i III-ej, zastosowano egzamin z zakresu poprzednich klas szkoły.

Liczba przyjętych na podstawie egzaminu sprawdzającego do klasy pierwszej wraz z pozostawionymi na drugi rok wynosi 126 osób (w ubiegłym roku szkolnym 177), czyli o ok. 30% mniej, niż w roku zeszłym. Klasa ta składa się obecnie z trzech oddziałów po 42 uczniów w każdym.

Liczba przyjętych do klasy drugiej nowych uczniów wraz z dawnymi — promowanymi z klasy I oraz drugorocznymi — wynosi 100 osób (75), a więc o ok. 35% więcej, niż w ubiegłym roku szkolnym; klasa ta składa się z dwóch ró-

wnolegle prowadzonych oddziałów po 50 uczniów w każdym.

W klasie trzeciej jest obecnie 53 osoby (50), czyli w przybliżeniu tyleż, co i w roku ubiegłym. Wreszcie klasa czwarta liczy w bieżącym roku szkolnym 30 uczniów (24).

Przeżywany obecnie kryzys gospodarczy odbił się w pewnym stopniu także i na zajęciach w szkole. Jednym z czynników, ujemnie wpływających na normalny bieg nauczania jest — według łaskawie udzielonych nam przez Dyrektora Szkoły p. inż. J. Straszewicza informacji — podyktowane względami oszczędnościowymi zarządzenie Ministerstwa Oświaty i Wyzn. Religijnych, w myśl którego najmniejsza ilość uczniów w jednej klasie nie może być niższa od czterdziestu; prowadzi to do tworzenia oddziałów, składających się z 50-ciu osób, jak to ma np. obecnie miejsce w klasie drugiej (teoretycznie liczba ta dojsć może do 59 osób), co odbija się ujemnie na wynikach nauki ze względu na przeładowanie klasy.

Drugim czynnikiem, utrudniającym pracę, jest ciężka sytuacja finansowa wielu instytucji, które zwykle popierały szkołę materialnie; skutkiem tego nadzieje na utrzymanie subsydjów od szeregu instytucji w bieżącym roku zawiodły.

Trzecim wreszcie czynnikiem, ujemnie wpływającym na bieg zajęć szkolnych, jest ciężkie położenie materialne dużej części uczniów i panujące wśród nich bezrobocie. Pozostawanie bez pracy odrywa ucznia od przedmiotu studjów; zainteresowanie wykładanymi przedmiotami elektrotechnicznymi słabnie, łączność zaś ich z normalną pracą zawodową ucznia — montera znika. Poszukiwanie zajęcia i podejmowanie się — z braku odpowiedniego — każdej przygodnej nawet pracy wywołuje zaniedbywanie nauki i zwiększa w wysokim stopniu opuszczanie przez uczniów szkoły normalnych zajęć wieczorowych. Ci zaś z pośród nich, którzy mimo braku pracy nawet i przychodzą na wykłady, są zniechęceni do nauki i przygnębieni, a to skutkiem niedostatecznego odżywiania się i ciągłych trosk o byt.

Szczegółowe dane, dotyczące przyjętych w bieżącym roku szkolnym uczniów, ukażą się w swoim czasie w ramach sprawozdania Dyrekcji Szkoły za rok szkolny 1931 — 32.

(n).

Z R U C H U I W Y T W Ó R N I

Urządzenie do sygnalizowania 15-minutowych obciążeń maksymalnych.

Na rysunku 1 przedstawiona jest wykreślnie taryfa za energię elektryczną, stosowana do jednego z zakładów na Górnym Śląsku*). Taryfa ta, jak widać, jest bardzo zależna od miesięcznego szczytu 15-minutowego. W czasach dobrej konjunktury pracowano mniej więcej w punkcie A i koszt kWh wynosił około 6½ grosza. Z nastaniem kryzysu nastąpiło przesunięcie w okolice punktu B i tem samem wzrost ceny prądu do około 8½ grosza, czyli o 3%. Sto-

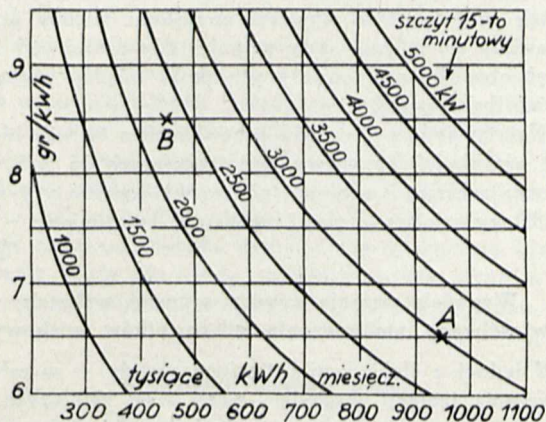
*) Do danych z wykresu dochodzi jeszcze pewien procent kary za zły cos φ , obliczany jako $(0,8 - \cos \varphi) \cdot 0,4 \cdot 100\%$, który jednak pomijamy. (Przyp. autora).

sunkowo nieznaczny spadek szczytu, bo z 3000 na około 2300 kW, czyli o 23%, mimo spadku zużycia energii z 950 000 kWh na 450 000 kWh, czyli o 53%, spowodowany był obecnością w zakładzie łukowych pieców elektrycznych oraz skupianiem się pracy poszczególnych oddziałów w pewne dni i godziny.

Ponieważ jasne jest, że przy tym typie taryfy wystarcza 15 minut przypadkowo zwiększonego obciążenia w miesiącu, aby nieproporcjonalnie podnieść cenę prądu za cały miesiąc, więc w celu samoobrony chwycono się dwóch środków.

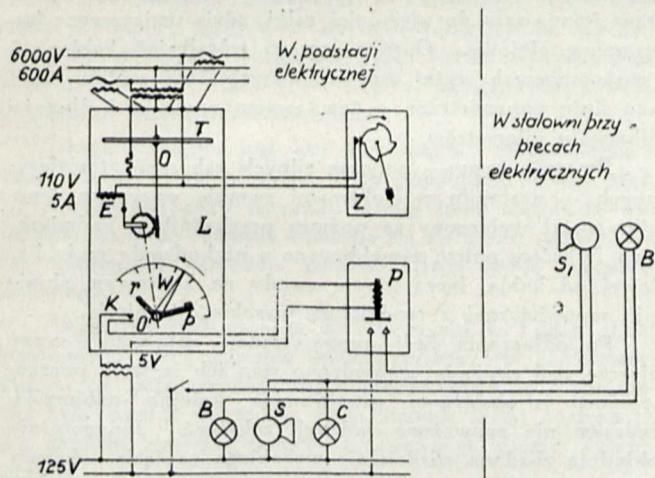
1. Możliwie uzgodniono i wzajemnie poprzysuwano programy poszczególnych działów wytwórczości. Dla pieców elektrycznych wprowadzono inne pory topienia w jednych, niż w drugich. Pracę walcowni przesunięto na inną zmianę, niż pracę kuźni i t. d.

2. Zaproponowano urządzenie, któreby sygnalizowało powstawanie niebezpiecznych dla ceny prądu szczytów. — Z zaferowanego przez firmy materiału elektrotechnicznego skonstruowano układ, którego schemat przedstawiony jest na rys. 2.



Rys. 1.

Oparty on jest na zastosowaniu specjalnego licznika Siemens L, w którym przekładnia ślimakowa, przyciągnięta przez elektromagnes E, łączy mechanicznie oś licznika 0 z ośką 0'. Wskutek tego popychacz p obraca się z szybkością proporcjonalną do szybkości obrotu tarczy T licznika, czyli do chwilowej wartości obciążenia w kW, i popycha wskazówkę W. Co 15 minut specjalny zegar Z przerywa obwód elektromagnesu i sprężynka cofa popychacz p do położenia pierwotnego, poczem obwód zostaje znów zamknięty i proces się powtarza. Wskazówka W pozostaje



Rys. 2.

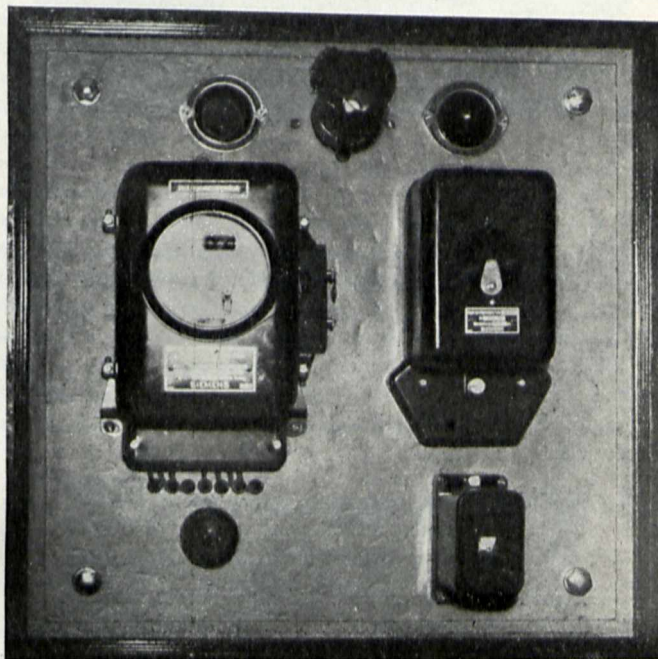
w miejscu, do którego została dopchnięta. Droga, jaką przebyła, jest proporcjonalna do

$$\frac{15}{0} \text{ kW} \cdot \text{dt}, \text{ czyli do } v_s \cdot 15 = c \cdot v_s = c_1 \cdot \text{kW}_s,$$

gdzie v_s — szybkość obwodowa popychacza, średnia z 15 minut, kW_s — moc średnia z 15 minut.

Wspólnie z popychaczem p obraca się i po 15 minutach cofa się ramię r, tworzące z nim pewien kąt nastawialny. Jeżeli obciążenie w kW i szybkość popychacza są dostatecznie duże, to ramię r zdąży przed upływem 15 minut dojść do kontaktu K i zewrzeć go. Ustawienie licznika skutecznia się przez nastawienie ramienia r, względem popychacza p tak, aby zwarcie kontaktu K nastąpiło przy położeniu wskazówki W na liczbie kW na skali, przy której chcemy wywołać alarm.

Schemat urządzenia skonstruowano tak, że przy zwarciu kontaktu K przekaźnik kłapkowy P włącza małą syrenę S i lampkę czerwoną C w podstacji elektrycznej oraz silną syrenę S, przy piecach elektrycznych w stalowni. Na ten sygnał obsługa pieców, stanowiących przeważającą część obciążenia zakładu i wpływających najsilniej na wysokość szczytów, obowiązana jest obciążenie pieców możliwie niżyc. O ile to nie nastąpi, obsługa podstacji elektrycznej, obserwująca dalsze posuwanie się wskazówki, piece całkowicie odłączy, wrazie dojścia wskazówki do maksymalnej przepisanej granicy.



Rys. 3.

Ponowne włączenie może nastąpić dopiero po skończeniu się 15-minutowego okresu, t. zn. wtedy, gdy popychacz p cofnie się do położenia wyjściowego. Jako zawiadomienie, że piece mogą znów pracować normalnie, zostaje z podstacji podany osobny sygnał, w postaci światła białego B, włączanego wyłącznikiem pokrętnym. Do przekaźnika P został dorobiony przycisk, umożliwiający przerwanie zbyt długo trwającego sygnału akustycznego i powtarzanie go w razie potrzeby.

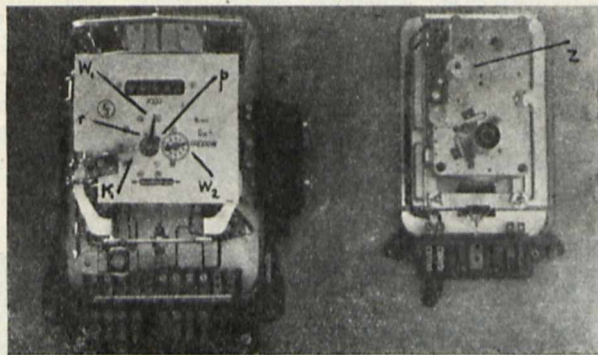
Na rysunku 3 pokazana jest tablica z urządzeniem sygnalizacyjnym, umieszczona w podstacji elektrycznej. Na lewo widzimy licznik, pod nim wyłącznik pokrętny dla podawania sygnału końcowego. Na prawo — zegar, pod nim przekaźnik kłapkowy. U góry — syrena oraz lampy sygnałowe czerwona i biała.

Na rysunku 4 widzimy licznik i zegar po zdjęciu pokryw. Mamy tu: kontakt K, ramię r, popychacz p oraz wskazówkę W; ze wskazówką dziesiątą W_2 . W zegarze widać u góry krzączek zapadkowy z, robiący jeden obrót na godzinę i przerywający co 15 minut obwód elektromagnesu w liczniku.

Jest oczywiście, że za pomocą wyżej opisanego urządzenia nie można niżyc miesięcznego szczytu w stopniu dowolnym. Wrazie bowiem nastawienia sygnalizacji na bardzo niską wartość obciążenia, piece musiałyby przez większą część miesiąca niżać swe obciążenie co 15 minut na przeciąg przypuścmy 5 do 10 minut, co byłoby oczywiście nie do zniesienia.

Obserwacja jednak wykazuje, że duży szczyt miesięczny, wpływający silnie na taryfę, jest przeważnie wywołany

przez rzadkie i czysto przypadkowe silne wzrosty obciążenia. Występują one zwykle przez kilka godzin w kilku tylko dniach miesiąca.



Rys. 4.

Nastawienie więc sygnalizacji powyżej zwykłych szczytów, a poniżej tych przypadkowych daje dużą różnicę w taryfie, a nie przeszkadza zupełnie pracy pieców, które w tych rzadkich okresach muszą zniżyć periodycznie swe obciążenia na najwyżej $\frac{1}{2}$ do $2\frac{1}{2}$ minut.

Całe urządzenie okazało się bardzo celowe i praktyczne. Dzięki swej taniości amortyzuje się przy wyżej podanej taryfie wraz z kosztami zainstalowania w przeciągu około jednego miesiąca.

Inż. S. Malhomme.

Przeskoki między prętami w wirniku silnika asynchronicznego.

Trójfazowy silnik asynchroniczny pierścieniowy o mocy 125 kW na napięciu 2 000 woltów poddano — po dokonaniu przewinięcia wirnika — przepisany próbom, przy czym zauważono zjawisko następujące: przy uruchamianiu silnika w chwili włączania stojana pod napięcie występowały w kilku miejscach między końcami sąsiednich prętów wirnika — w połączeniach czołowych — przeskoki w postaci iskier; występowały one nie za każdym włączeniem, lecz chwilami, przy czym trwały przez parę sekund, poczem — w miarę malenia poślizgu — szybko zanikały. Gdy próbowano załączać silnik na sieć przy otwartym uzwojeniu wirnika, zjawisko to występowało w ten sam sposób i również nie przy każdorazowym załączeniu, jakkolwiek przejawiało się w stopniu silniejszym. Zjawiska te całkowicie ustały, kiedy — po zdjęciu bandażu — nałożono na czołowe połączenia prętów wirnika pasek preszpanu grubości ok. 1,5 mm w ten sposób, że sąsiednie pary (górny i dolny) prętów poprzedzielane zostały od siebie preszpanem, poczem bandaż nałożono z powrotem. Napięcie między pierścieniami wirnika wynosiło normalnie 490 woltów.

Sposób, w jaki doprowadzone zostało napięcie do stojana silnika, był następujący: ze względu na brak na miejscu napięcia 2 000 V przyłączono silnik do transformatora o mocy 50 kVA i przekładni napięć 6 000/380 woltów; uzwojenie niższego napięcia transformatora przyłączone zostało do zacisków sieci o napięciu ok. 118 V. Skutkiem tego otrzymano na zaciskach wyższego napięcia ok. 1 860 woltów. Do tych zacisków przyłączono stojan silnika, wobec czego napięcie między pierścieniami wirnika wynosiło przy poślizgu — 1 około 455 woltów zamiast normalnych 490 V. Wyłącznik umieszczony był po stronie niższego napięcia transformatora, wobec czego załączano na sieć jednocześnie z silnikiem także i transformator.

Opisane wyżej zjawisko próbowano wytłomaczyć w sposób następujący: ponieważ przeskoki występowały nie

zawsze, zależały więc prawdopodobnie od fazy krzywej SEM w chwili włączania stojana na sieć. Zależnie od powyższej fazy powstawały w uzwojeniu stojana przepięcia, które — poprzez pole wirujące — przedostawały się do obwodu wirnika. O ile w chwili włączania wirnik był zwarty, przechodziły one w przebiegające w jego obwodzie przetężenia, wskutek czego w tym wypadku przeskoki między prętami przejawiały się w mniejszym stopniu; gdy zaś obwód wirnika był otwarty, następowały przeskoki między prętami w stopniu silniejszym.

Należy dodać, że przed przewinięciem wirnik nie posiadał przekładek preszpanowych, podobnych do tych, jakie założono; schemat uzwojenia nie został zmieniony i wszelkie odstępy między prętami pozostały bez zmiany.

N.

Wypadek zwarcia między szynami wskutek niewłaściwego umieszczenia odgromników rożkowych.

W jednej z elektrowni ustawione zostały — w celu zabezpieczenia izolacji względem ziemi szyn zbiorczych oraz odgałęzień wysokiego napięcia — odgromniki rożkowe z umieszczonymi w oleju oporami tłumiącymi. Instalację zbudowano nadługo przed wojną i od pewnego czasu była ona przeznaczona do rozbiórki i przebudowania a to ze względu na niecelowe rozmieszczenie. Przebudowa ta jednak z różnych przyczyn ulegała coraz to nowym zwłocze. Szyny zbiorcze o napięciu roboczym 3 000 woltów znajdowały się na pierwszym piętrze, skąd poprzez izolatory przepustowe poprowadzone było od szyn odgałęzienie na parter, gdzie znajdowały się odgromniki, które umieszczono poniżej izolatorów przepustowych w odległości ok. 1,5 m od tych ostatnich, tak że szyny wysokiego napięcia przebiegały ponad rożkami. Od zacisków tych ostatnich przewody biegły wdół, skąd przez ścianę szły do sąsiedniej celki, gdzie umieszczone były opory olejowe. Oprócz szeregu odgałęzień kablowych z wspomnianych wyżej szyn zbiorczych 3 000 woltów zasilano linję napowietrzną o tem samym napięciu i długości kilkunastu kilometrów.

Pewnego razu — podczas silnych zaburzeń atmosferycznych — nastąpiło w elektrowni zwarcie, przy czym generator został wyłączony za pomocą przekaźników nadmiarowych. Wkrótce potem zameldowano o uszkodzeniu mufy kablowej od kabla, łączącego przewody na końcowym słupie linii napowietrznej z rozdzielnią wysokiego napięcia.

Po odłączeniu linii napowietrznej załączone szyny zbiorcze pod napięcie, sprawdzono stan ich izolacji, poczem stopniowo je obciążano, przyłączając kolejno odbiorniki, przy czym nie zauważono żadnych zakłóceń. Jednocześnie dokładnie zbadano rozdzielnię wysokiego napięcia; okazało się, że zwarcie wywołane zostało działaniem rożków odgromnikowych, na co wskazywały silnie okopcone izolatory przepustowe, znajdujące się ponad rożkami, oraz pokryte sadzą i stopione częściowo szyny ponad nimi.

Odtworzenie przebiegu powstania zwarcia nie nastęczało większych trudności. Skutkiem przedostania się, prawdopodobnie, do szyn zbiorczych fali wędrownego pochodzenia atmosferycznego i powstałego stąd przepięcia przestrzeni iskrowa między rożkami została przebita: odległość między elektrodami nastawiona była na ok. 1,5-krotną wartość napięcia roboczego. Wskutek tego między rożkami powstał łuk; zasilany przez generator łuk ten — skutkiem znanych przyczyn elektrodynamicznych — wędrował ku górze, silnie jonizując otaczające go powietrze. Trwało to tak długo, aż skutkiem bądź bezpośredniego przedostania się łuku między szyny, znajdujące się ponad rożkami, bądź też z powodu niezwykle silnego zjonizowania przestrzeni między poszczególnymi szynami przestrzenie te zostały przebite, i powstało

zwarcie, które — sądząc z pozostałych śladów, było trójbiegunowe. By zapobiedz podobnym wypadkom do czasu gruntownej przebudowy instalacji, umieszczono ponad różkami na wysokości ok. 1,2 m przegródkę z grubego preszpanu.

Opisany wypadek dowodzi, jak baczną uwagę winien zwracać inżynier ruchu na urządzenia elektryczne starego typu, mające kilkanaście i więcej lat, zbudowane często własnymi środkami przez personel wątpliwej fachowości i na własną odpowiedzialność. Urządzenia tego rodzaju tolerowane są jeszcze tu i owdzie z tych czy innych względów, głównie zaś z powodu niemożności uczynienia koniecznej dla przebudowy dłuższej przerwy w ruchu. W instalacjach tego rodzaju ruch może być utrzymywany przez szereg lat bez żadnych zaburzeń, dopóki wreszcie nie zdarzy się większe zakłócenie. Może ono wtedy pociągnąć za sobą skutki o wiele gorsze, niż miało to miejsce w opisanym wypadku.

S.

W sprawie suszenia oleju.

W artykule p. inż. O. Nagła „Suszenie transformatorów” (patrz Prz. El. nr. 21 r. b. str. 665) podano, że przy suszeniu oleju i oczyszczaniu go przez filtrowanie: „można w jakikolwiek sposób nagrzewać naczynie z olejem z zewnątrz do temperatury 100 — 110° C”.

Zdanie to nasuwa nam poważne zastrzeżenia z dwu powodów.

Po pierwsze stosowanie tak wysokiej temperatury jest dla olejów wysoce szkodliwe. Sprawa ta była szczegółowo omawiana już w latach 1923 — 1925 i przyczyniła się do zarzucenia t. zw. wygotowywania oleju. Obecnie prawie bez wyjątku stosuje się temperatury, nie przekraczające 90° C, a więc temperatury, zachodzące w normalnych warunkach pracy. Ponieważ sprawa ta jest dokładnie znana, nie poświęcamy jej więcej uwagi, odsyłając autora wymienionego artykułu do prac Toblera i Staegera, ogłoszonych w Bull. Association Suisse des Electriciens.

Druga kwestja jest bez porównania aktualniejsza i mniej znana. Nawet poważne firmy popełniają jeszcze błąd, ogrzewając olej przy sączeniu. Dzięki temu coprawda wydajność prasy do sączenia znacznie się zwiększa, jednak olej bez widocznych powodów szybko zatracą swoje zdolności izolacyjne.

Wypadek taki zaszedł w Elektrowni w Łodzi. Olej oczyszczano przez sączenie w temperaturze 70° C. Wytrzymałość tak oczyszczonego oleju bezpośrednio po przesączeniu była bardzo dobra, w ciągu jednak kilku następných dni spadała znacznie poniżej przepisanych granic wytrzymałości.

Zjawisko to daje się wytłómaczyć jedynie właściwościami oleju. Przy ogrzewaniu część wody przechodzi w stan, niedający się usunąć w sposób mechaniczny. Jak podaje Staeger (Bull. 1924 str. 382), w temperaturze 60° C olej rozpuszcza dwa razy więcej wody, niż w temperaturze 20° C. Woda ta po ostygnięciu oleju wydziela się, powodując spadek wytrzymałości elektrycznej.

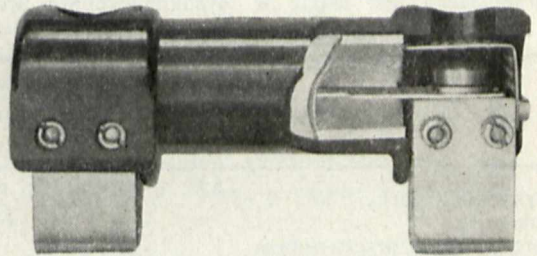
Na tle powyższego zjawiska rozpoczęła się nawet długa polemika, dotycząca przydatności centrífug (wirówek) do oczyszczania oleju. Okazało się, że ze względu na konieczność ogrzewania oleju, wirówki nie nadają się do całkowitego oczyszczenia. Rola ich została zredukowana do oczyszczania przedwstępnego, poczem następuje sączenie oleju na zimno, t. j. w temperaturze możliwie niskiej, a nie przewyższającej 20° C. Dopiero tak oczyszczony olej nie wykazywał zmian i wytrzymałość elektryczna w zwykłej temperaturze była stała.

Wskazówka przeto p. inż. Nagła, dotycząca ogrzewania oleju przy sączeniu, zdaje się nam nieaktualną i prowadzącą do zupełnie błędnych wyników.

Dr. S. N.

Nowy rodzaj bezpieczników rurowych.

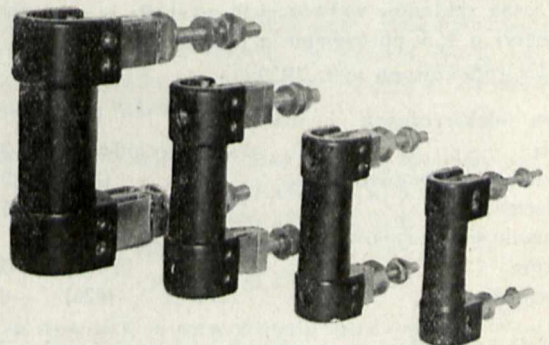
Fabryka Aparatów Elektrycznych „K. Szpotkański i S-ka” S. A. w Warszawie od szeregu lat prowadzi wyrób bezpieczników rurowych. Rury do bezpieczników wykonywane były przeważnie z porcelany, która swe rozpowszechnienie w elektrotechnice zawdzięcza temu, że innych podobnych materiałów izolacyjnych na rynku nie było. W obecnej chwili jednak obok porcelany mamy już inne materiały izolacyjne, które porcelanie zupełnie nie ustępują, natomiast są o wiele dogodniejsze w produkcji. Materiałem, najbardziej odpowiednim do wyrobu osłon rurowych przy bezpiecznikach, okazała się specjalna mieszanka bakelitowa. W odróżnieniu od znanych dawniej mieszanin posiada ona składniki tak dobrane, że po sprasowaniu daje rury bardzo odporne na wpływ wysokich temperatur. Oprócz tego materiał ten jest prawie niepalny i nie łuszczy się tak łatwo, jak porcelana. Wieloletnie doświadczenie przy sprasowaniu różnorodnych mas bakelitowych pozwoliło wspomnianej fabryce opanować formowanie różnych wyrobów z tej mieszanki w takim stopniu, że nie tylko jakością materiału, lecz także i pod względem nadanego im kształtu mogą one w zupełności zastąpić osłony porcelanowe.



Rys. 1.
Patron 200 A w przekroju.

Pod względem elektrycznym osłony bakelitowe są izolatorami pewnymi i gwarantują wobec tego zupełne bezpieczeństwo obsłudze; ponadto — w porównaniu z porcelaną — mają tę zaletę, że przy nagraniu nie pękają, a więc nie mogą podczas ich wymiany spowodować skałceń. Kształt osłon został tak przemyślany, aby nie można było przy ich wyjmowaniu dotknąć tych części, które pozostają pod napięciem. Części metalowe, oprócz końców samych szcęk kontaktowych, znajdują się wewnątrz osłony, dlatego też patроны te wymagają niewiele miejsca na szerokość.

Łatwość prasowania bakelitu pozwoliła nadać bezpie-



Rys. 2.
Bezpieczniki rurowe 60, 100, 200, 400 A.

cznikom taką formę, aby jaknajwięcej ułatwić czynności montażowe: można w nich, na przykład, gdyby tego zaszła potrzeba, bez trudu wymienić sprężyny kontaktowe, również w sposób prosty odbywa się wymiana pasków topikowych przy pomocy śrubokręta. Oprócz tego nie potrzeba pasków zginać, jak to ma zwykle miejsce przy osłonach porcelanowych.

Oslony wyłożone są wewnątrz rurą azbestową, jakkolwiek sam materiał jest trudnopalny i nie traci wytrzymałości mechanicznej nawet przy długotrwałych przeciążeniach.

Zastosowanie bakelitu do prasowania osłon stanowi poważny krok, naprzód w samej fabrykacji: mianowicie odpada konieczność stosowania kitu, następnie otrzymuje się wyrób nietłukliwy, a co może najważniejsze — wszystkie bezpieczniki z osłonami bakelitowymi, prasowanymi pod wielkim ciśnieniem i przy wysokiej temperaturze, nie tracą kształtu i posiadają dokładnie te same wymiary.

Wyrabiane przez firmę „K. Szpotański i S-ka” prasowane bezpieczniki rurowe (zastrzeżone w Urzędzie Patentowym: — świadectwo ochronne Nr. 2683) posiadają cztery wielkości: 60, 100, 200, 400 A i mogą być stosowane przy napięciu do 500 V.

W wypadkach, gdy ze względu na brak miejsca istnieje obawa, że przepalanie się paska podczas dużego zwarcia może spowodować przerzucenie się łuku na przewody lub przyrządy, zmontowane nad bezpiecznikami, fabryka stosuje specjalne wkładki metalowe do bezpieczników w formie przesłonki z otworami (rys. 1), przesłonki te, wchłaniając ciepło łuku podobnie, jak siatka nad palnikiem gazowym, obcinają płomień, nie pozwalając mu wyjść nazewnątrz osłony.

Na zakończenie tej krótkiej charakterystyki chcemy dodać, że czarna, bez zarzutu lśniąca powierzchnia silnie sprasowanych osłon nadaje bezpiecznikom przyjemny dla oka, estetyczny wygląd.

Inż. E. Koppé.

PRZEMYSŁ I HANDEL

Bilans handlowy we wrześniu i październiku 1931 r.

W zakresie przemysłu elektrotechnicznego saldo obrotu zagranicznego jest ciągle w wysokim stopniu ujemne.

Wartość importu materiałów elektrotechnicznych w wrześniu i październiku wynosiła 10 169 tys. zł, wywóz zaś w tym samym czasie — 221,1 tys. zł. Poszczególne pozycje przywozu i wywozu przedstawiały się jak następuje:

Pozycje	Przywóz				Wywóz			
	Wrzesień		Październik		Wrzesień		Październik	
	t	tys. zł	t	tys. zł	t	tys. zł	t	tys. zł
Maszyny elektryczne	169,2	1 305	85	834	1,3	12	1,6	17
Akumulatory	5,4	52	3,5	21	0,1	0,3	0,4	2
Transformatory i przetwornice	27	252	50,5	939	0,1	1	0,01	0,4
Aparatura elektr. prócz mierników	19,4	268	54,3	569	0,9	11	0,21	3,2
Liczniki i mierniki elektr.	9,7	253	13,3	344	0,13	9	0,31	11,3
Przyrządy elektromedyczne	4,8	159	4,6	200	0,1	13	0,2	11
Żarówki	9,5	730	6,0	435	0,1	10	0,03	2
Kable, przewodniki i materiał instal. do sieci elektr.	43,4	239	46	253	0,3	3	0,91	4,2
Aparaty telefon. telegraf. i sygnalizacyjne	6,4	287	12	541	0,21	3	1,3	23
Radioaparaty	7,8	262	18,8	736	0,3	21	0,8	25
Grzejniki elektr.	3,3	74	3	51	0,03	0,4	0,3	5
Porcelana elektrotechniczna	8,3	24	6,2	20	0,04	0,2	—	—
Wyroby z węgla i odpadki	65,8	97	85,3	133	20	4	20	4

Produkcja elektrotechniczna w r. 1930.

W Wiadomościach Statystycznych Głównego Urzędu Statystycznego podane zostały cyfry produkcji elektrotechnicznej za rok 1930.

Liczba zakładów wytwórczych wynosiła w roku 1930 — 128, więcej o 4 w porównaniu z rokiem 1929.

Wyprodukowano w r. 1930¹⁾:

	w tys. złotych		
Maszyn elektrycznych i ich części	7 328	(10 672)	—31%
Wentylatorów kompletnych	373	(22)	+1600%
Transformatorów	1 857	(4 000)	—53,5%
Rozruszników oporników, reaktorów	446	(1 005)	—55,4%
Nastawników	113	(626)	—81,9%

¹⁾ Cyfry, podane w nawiasach, oznaczają produkcję za rok 1929. Trzecia rubryka podaje zwiększenie, względnie zmniejszenie się produkcji w r. 1930 w stosunku do r. 1929.

	w tys. złotych:		
Indukcyjnych ograniczników prądu	123	(132)	—6,8%
Akumulatorów i ich części	5 254	(5 750)	—8,5%
Ogniw suchych i mokrych i ich części	3 105	(4 544)	—31,5%
Baterji anodowych	1 886	(37,5)	+4000%
Urządzeń i przyrządów rozdzielczych niskiego napięcia	5 376	(9 210)	—25,5%
D-tto wysokiego napięcia	1 450		
Świeczników i żyrandoli	4 068	(3 000)	+35,5%
Aparatów telefonicznych z łącznicami	6 979	(11 803)	—41%
Aparatów telegraficznych i ich części	355	(397)	—10,5%

Radjosprzętu:

Aparatów detektorowych	255	(172)	+48,5%
Aparatów lampowych	950	(2 203,5)	—67,5%

		w tys. złotych	
Aparatów, przyłączalnych bezpośrednio do sieci elektrycznej	918	(?)	?
Głośników	398	(361)	+11%
Słuchawek	208	(85)	+145%
Kondensatorów	436	(1 153)	-40,5%
Transformatorów	249		
Innego radjosprzętu (stacji, lamp i t. d.)	3101	(1 400,1)	+122%
Prostowników lampowych	49	(52)	-5,5%
Aparatów do spawania elektrycznością	54,3	(615)	+11%
Piecyków elektrycznych	102,3		
Urządzeń i przyrządów elektrycznych do domowego użytku	522		
Żarówek	11 615	(12 386)	-6%
Urządzeń neonowych	316	?	?
Przewodników: gołych	3 487	(15 955)	-28%
izolowanych nieobolwionych	7 713		
Przewodników obolwionych	20 978	(24 681)	-16,5%
Rur izolacyjnych i ich części	2 197	(3 989)	-45%
Przyrządów elektromedycznych	99	(177)	-44%
Różnych materiałów izolacyjnych	346	(450)	-23%
Wyposażeń elektrycznych do dźwigów, wózków i t. d.	95	(855)	-88,9%
Wszelkich innych wyrobów elektrotechnicznych (wózków elektrycznych, skrzyń transformatorowych, wyłączników, armatury kablowej, liczników elektrycznych i innych)	2 207	(1 435)	+54%

Ogólna produkcja wyrobów, wymienionych w „Wiadomościach” za rok 1930, wyniosła zatem 94 852 tys. zł, a po odliczeniu pozycji, nie mających odpowiednika w statystyce 1929 r. (aparaty przyłączalne bezpośrednio do sieci

elektrycznej (?), urządzenia neonowe), otrzymamy produkcję za rok 1930 w sumie 93 618 tys. zł wobec 119 255 tys. zł w r. 1929 (patrz zeszyt specjalny I za rok 1931), czyli produkcja za rok 1930 zmniejszyła się w porównaniu z rokiem 1929 o 21,5%.

Jak się należało spodziewać, produkcja zmniejszyła się przede wszystkim w pozycji maszyn i urządzeń wysokiego i niskiego napięcia, co jest bezpośrednim skutkiem zredukowania do minimum wszelkich poważniejszych inwestycji. Dotkliwe straty poniosła produkcja w działach ogniw galwanicznych, aparatów telefonicznych, kabli i przewodników, rur izolacyjnych i aparatów elektromedycznych. Ze zmniejszenie się produkcji w tych dziedzinach przypisać należy stałemu kurczeniu się ruchu przemysłowego i handlowego, dowodem służy to, że jednocześnie przywóz tych artykułów zza granicy uległ w r. 1930 poważnej redukcji, a mianowicie:

	Przywóz w tys. złotych	
	1929	1930
Prądnic, silniki i inne maszyny elektr. i ich części	31 160	20,346
Akumulatory i płyty akumulatorowe	1 482	717
Transformatory i przetwornice	9 958	6 965
Aparatura elektr. prócz przyrządów miern.	12 526	7 558
Przyrządy miernicze	8 449	6 855
Przyrządy elektromedyczne	3 823	3 312
Żarówki	10 364	6 825
Kable, przewodniki i materiały instalacyjne do sieci elektr.	13 316	7 471
Aparaty telefon., telegraf. i sygnalizac.	12 995	8 849
Grzejniki elektryczne	912	783
Porcelana elektrotechniczna	1 311	593
Inne	21 530	21 378

Przywóz materiałów elektrotechnicznych zmniejszył się zatem w r. 1930 o 28,8%, a ogólne zużycie ich w kraju o 24%.

K R O N I K A.

Kraków. Gwarectwo węglowe Brzeszcze wystąpiło z projektem wytwarzania i przesyłania energii elektrycznej do obszarów zasilania, obejmujących powiat bialski i częściowo powiaty oświęcimski, żywiecki i wadowicki. Gwarectwo będzie współpracowało z elektrownią wodną w Porąbce na Sole. Naogół zamierzenia ograniczają się do zbytu hurtowego dla potrzeb poszczególnych gmin.

Kielce. Ministerstwo Robót Publicznych powiadomiło urząd wojewódzki, iż w dniu 18 listopada r. b. wpłynęło do Ministerstwa podanie od „Société d'Entreprises Electriques en Pologne” o udzielenie uprawnienia rządowego na zakład elektryczny. Zakład ma służyć do przetwarzania, przesyłania i rozdzielania energii elektrycznej na obszarze, obejmującym powiat częstochowski, włoszczowski, piotrkowski, radomszczański i inne.

Leszno. Rok administracyjny 1930/31 elektrownia zamknęła zwiększeniem produkcji swej o 0,2% w porównaniu do roku poprzedniego. Produkcję swą zużyła na

cele oświetleniowe	451 483 kWh	czyli	50,3 ¹ / ₀
potrzeby siły	295 241	„	32,8 ⁰ / ₀
własne zapotrzebowanie	86 918	„	9,7 ⁰ / ₀
straty w sieciach	64 604	„	7,2 ⁰ / ₀
Razem	898 246 kWh	czyli	100,0⁰/₀

W okresie sprawozdawczym zwiększono moc instalowaną z 420 kW do 990 kW, ustawiając nową maszynę parową o mocy 850 kW, dostarczoną przez fabrykę Orthwein, Karasiński i S-ka w Warszawie, oraz prądnicę o mocy 570 kW, dostarczoną przez oddział firmy Siemens w Poznaniu. Nowy zespół został uruchomiony w dniu 12 lutego 1931 roku. — Poza to zastosowano w kotłowni aparaty systemu „Neckar” dla zapobiegania w tworzeniu się kamienia kotłowego.

Finansowo rok sprawozdawczy zamknięto nadwyżką w wysokości 98 102,30 złotych, co stanowi 23,6% wpływów ze sprzedaży prądu i z wynajmu liczników. Za prąd były pobierane ceny następujące:

na cele oświetlenia — przy zużyciu rocznym	
do 200 kWh	— 0,70 zł
od 200 do 400 kWh	— 0,68 „
od 400 do 600 kWh	— 0,66 „
ponad 600 kWh	— 0,65 „

na cele siły — przy zużyciu miesięcznym	
do 100 kWh	— 0,40 zł
od 100 „ 300 „	— 0,38 „
„ 300 „ 500 „	— 0,36 „

od 500 do 750 kWh	— 0,35 „
„ 750 „ 850 „	— 0,34 „
„ 850 „ 1 000 „	— 0,33 „
„ 1 000 „ 1 200 „	— 0,32 „
dla kolei	— 0,30 „

Poznań. Mamy znów do zanotowania fakt śmiertelnego porażenia prądem elektrycznym. Tym razem monter elektrowni miejskiej Szyfter Eugenjusz w dniu 2.X. b. r., zajęty przy zakładaniu lemp elektrycznych na przedmieściu miasta Poznania w Górczynie na słupach elektrycznych, w pewnej chwili stracił równowagę i chcąc się ratować od upadku, uczepił się przewodów, będących pod napięciem prądu zmiennego o napięciu 220 woltów w stosunku do ziemi, i w tej chwili uległ śmiertelnemu porażeniu. Wezwane Pogotowie Ratunkowe nie zdołało przywrócić porażonego do przytomności i odwiozło zwłoki do Zakładu Medycyny Sądowej.

Sosnowiec. Prasa miejscowa poświęca uwagę projektowi opodatkowania energii elektrycznej w Polsce. Oto co znajdujemy w czasopiśmie „Kurjer Zachodni“ z dnia 27 listopada r. b.:

W ub. środę w sali Stowarzyszenia techników w Sosnowcu inż. Z. Sowiński wygłosił referat na temat „Projekt opodatkowania energii elektrycznej“. Inż. Sowiński, poseł z B. B., zasiada w Sejmie w komisji, która tę sprawę rozpatruje i należąc do ugrupowania, posiadającego zdecydowaną większość, może mieć wpływ na uchwalenie lub nieuchwalenie tego podatku.

Wygłoszenie tego referatu odbyło się z inicjatywy Oddziału Stowarzyszenia Polskich elektryków w Zagłębiu Dąbrowskiem. Przewodniczył inż. I. Bereszek.

Z referatu inż. Sowińskiego okazuje się, że jest on przeciwny projektowi opodatkowania energii elektrycznej, uważając go za przedwczesny.

Po referacie wywiązała się ożywiona dyskusja, przy czym wszyscy mówcy stwierdzali szkodliwość proponowanego podatku w wysokości 10 proc. opłat za zużycie prądu do celów oświetleniowych. Spowodowałyby to niewątpliwie zmniejszenie zużycia. Zwracano uwagę na trudności techniczne w stosowaniu specjalnych instalacji, w rozdzielaniu prądu na cele gospodarstwa domowego i na cele oświetleniowe. Wskazywano na zabójczy rezultat dla elektrowni, o ileby projekt został zrealizowany. Między inn. zauważono, że niesłusznie mają być karani podatkiem ci, którzy wprowadzają nowoczesne, higieniczne oświetlenie, podczas gdy zwolnieni od podatku byłoby ci, którzy palą lampy naftowe. W projekcie jest powiedziane, że opodatkowanie jest równomierne i powszechne, a tymczasem właśnie takim nie będzie. W rozmaitych miastach są różne ceny za prąd. Inna jest cena w Będzinie, a inna w Sosnowcu i Dąbrowie, a jeszcze inna w Warszawie i Poznaniu. Ponieważ podatek ma wynosić 10 proc. kosztu zużytego prądu, przeto tam, gdzie za energię najdrożej się płaci, tam podatek na dobitkę byłby największy.

Wszyscy wypowiedzieli się kategorycznie, aby w razie wejścia w życie tego projektu wyłączono z niego zakłady przemysłowe oraz sklepy.

W dyskusji zabierali głos pp.: St. Raźniewski, Jaworski, Blay, Smogorzewski, Wengrys, Obrąpalski, Bereszek. W zakończeniu dyskusji zabrał jeszcze głos inż. Sowiński, który oświadczył, że podtrzymuje to, co powiedział, iż wprowadzenie podatku byłoby rzeczą w naszych stosunkach

przedwczesną i dla elektryfikacji kraju szkodliwą. Inż. Sowiński stwierdził, że opinie, wypowiedziane w dyskusji, mają dla niego duże znaczenie, bowiem wykorzysta je w obradach komisji sejmowej. Jednocześnie jednak mówca wyraził wątpliwość, czy projekt będzie mógł być cofnięty, względnie zupełnie uchylony, bowiem tam, gdzie się głośnie, liczba głosów ma swoją wagę.

Tomaszów Mazowiecki. W zeszycie listopadowym Przeglądu Elektrotechnicznego zamieściliśmy notatkę o tem, że w radzie miejskiej wre walka dokoła sprawy przedłużenia koncesji elektrowni na dalszy okres. Redakcja Przeglądu otrzymała od magistratu w Tomaszowie sprostowanie podanych uprzednio informacji i z chęcią je zamieszcza w takiej formie, w jakiej zostało nadesłane. Magistrat pisze:

„1) Nieprawdą jest, że komisja elektryczna nie badała sprawy przedłużenia umowy dzierżawnej z Elektrownią w Piotrkowie, Sp. Akc., na dalszy okres, natomiast prawdą jest, że komisja elektryczna sprawę tę badała od sierpnia do 16 października b. r. na 8 posiedzeniach i w rezultacie wypowiedziała się za przedłużeniem umowy.

2) Nieprawdą jest, że sprawa ta przeszła większością wbrew głosom radnych Bloku Bezpartyjnego, którzy mieli zgłosić sprzeciw, natomiast prawdą jest, że sprawa przedłużenia umowy była przedmiotem obrad na 2 posiedzeniach rady miejskiej i przeszła większością 19 głosów przeciwko 5, lecz nie głosom Bloku Bezpartyjnego, ponieważ Blok ten w tutejszej radzie miejskiej nie posiada swych przedstawicieli, przyczem wyjaśnia, że radni, którzy oddali głos przeciw wnioskowi, nie głosowali przeciw samej zasadzie przedłużenia umowy, a jedynie wskutek niedostatecznego, zdaniem ich, ekwiwalentu“.

Warszawa. Ludność stolicy od pewnego czasu jest niepokojona wiadomościami z przebiegu sporu pomiędzy Towarzystwem Elektryczności m. Warszawy, eksploatującym elektrownię, a Magistratem. W dniu 27 października 1926 roku Towarzystwo wystąpiło do Magistratu z żądaniem: 1) przyznania prawa pobierania za energię elektryczną opłat, stanowiących równowartość w zlocie cen przedwojennych z działaniem, poczynając od 1-go stycznia 1927 roku; 2) przedłużenia umowy o lat dwadzieścia, jako ekwiwalentu za okres niemożności eksploatowania przedsiębiorstwa. Nie otrzymawszy w ciągu roku odpowiedzi władz miejskich, Towarzystwo wniosło sprawę do arbitra, wyznaczonego przez rząd polski i francuski do rozpatrywania sporów, wynikających ze stosowania konwencji polsko-francuskiej z dn. 6 lutego 1922 r. Arbitrem tym jest prawnik holenderski, p. Asser. Towarzystwo wysunęło przytem, jako rozwinięcie dwóch pierwszych żądań, trzecie: — zmianę warunków wykupu przedsiębiorstwa. Proces arbitrażowy zbliża się ku końcowi; w razie uchwalenia przez sejm wniesionego niedawno przez rząd projektu ustawy, dotyczącej wykonywania decyzji arbitrażowych, oczekiwany wyrok musiałby uzyskać zgodę (exequatur) jedynie ministra spraw zagranicznych, przeto niepokój Magistratu wzrasta, czego objawem służyć może specjalna konferencja z dn. 13 listopada r. b., jaką zwołał prezydent miasta. Na konferencji obszernych informacji o stanie sprawy udzielał adwokat Gabriel, występujący na terenie międzynarodowym w imieniu miasta. Referent specjalnie nalegał na wytworzenie opinii, któraby przeciwstawiła się tendencjom projektu ustawy sejmowej, usuwającej sądy polskie od nadawania wyrokom arbitrażowym t. zw. „exequatur“.

