

Michał DOLIWO-DOBROWOLSKI¹ (1862 – 1919)

Leżąca w odległości 36 km na południowy zachód od Petersburga niewielka, w połowie XIX wieku miejscowość Gacznina słynęła z pięknego kompleksu pałacowo–ogrodowego. Znajdowała się w niej również szkoła zawodowa z internatem. Jej dyrektorem był Józef Doliwo-Dobrowolski, którego żona, Olga Michajłowna z domu Ewreinow, obdarzyła – 2 stycznia 1862 roku – pierworodnym synem Michałem. Józef Dobrowolski herbu Doliwa (jest to zarówno nazwa herbu jak i nazwisko; forma Doliwo jest zruszczeniem) był potomkiem jednego z licznych polskich rodów szlacheckich, zamieszkujących od dawien dawna Wielkopolskę, Śląsk i Mazowsze, a później – wschodnie tereny Rzeczypospolitej, po upadku której Polacy nie tylko „robili” powstania przeciwko zaborcom, ale nierzadko i kariery w ich służbie – najczęściej wojskowej, rzadziej urzędniczej. Dziad Michała Florian² pełnił w armii carskiej wysokie stanowisko inspektora poczty polowej, a za zasługi w wojnie z Napoleonem był wielokrotnie odznaczany, m.in. pruskim „Żelaznym Krzyżem” i orderem „Pour le mérite”. Jego syn³, a ojciec Michała, zanim został urzędnikiem oświatowym również służył w armii rosyjskiej, brał udział w wojnie krymskiej, a do służby cywilnej przeszedł w stopniu pułkownika.



*Portret Michała Doliwo-Dobrowolskiego
autorstwa szczecińskiego malarza Ryszarda Kiełtyki – 2006 r.*

Niestety, albo raczej na szczęście, Michał w ślady ojca i dziadka pójść nie mógł. Uniemożliwił to stan jego zdrowia; od dzieciństwa chorował na serce. Wcześniej, bo już jako uczeń gimnazjum tzw. realnego w Odessie, dokąd Doliwo-Dobrowolscy przenieśli się w 1872 r., zainteresował się chemią, która to dziedzina wiedzy rozwijała się w ówczesnej Rosji bardzo dynamicznie dzięki dokonaniom Dymitra Mendelejewa. Efektem tych zainteresowań był nie tylko „głośny” eksperyment z materiałem wybuchowym przeprowadzony w rodzinnym domu, ale przede wszystkim podjęcie już w 1878 roku, a więc w wieku lat 16, studiów na cieszącym się dużym uznaniem Wydziale Chemii Politechniki w Rydze. Językiem wykładowym w tej prywatnej uczelni był niemiecki – ojczysty dla licznie osiadłych na tych terenach (Łotwy, Estonii, Litwy) Niemców. Pod względem narodowości jedną z najliczniejszych grup studentów stanowili tu Polacy.

¹ Tekst zamieszczony jest w książce Polacy zasłużeni dla elektryki, PTETiS 2009, s.59-77

² Florian Doliwo-Dobrowolski (1776 – 1852) należał do elity towarzyskiej Sankt Petersburga; posiadał w tym mieście – na *Kamiennom Ostrowie* – okazałą rezydencję, w której częstym gościem bywał zaprzyjaźniony z nim najślynniejszy rosyjski poeta romantyczny Aleksander Puszkina.

³ Józef Doliwo-Dobrowolski (1835 – 1894) po rozwodzie z Olgą Michajłowną, z którą oprócz Michała miał jeszcze siedmioro dzieci, przeniósł się w 1880 roku do Moskwy, a następnie do bardzo wówczas popularnego wśród arystokracji rosyjskiej Wiesbaden w Hesji, gdzie pozostał do końca życia. Nb. żona cara Mikołaja II Alicja (po przejściu na prawosławie – Aleksandra) była córką wielkiego księcia Hesji, wchodzącej w skład Cesarstwa Niemieckiego.

Materialnym owocem dwuletnich studiów Michała Doliwo-Dobrowolskiego na ryskiej uczelni były eksponaty jego autorstwa, z których pierwszy zaprezentowany został w 1880 r. na pierwszej rosyjskiej wystawie elektrotechnicznej w Sankt Petersburgu, a drugi (ogniwo galwaniczne) – na Międzynarodowej Wystawie Elektrotechnicznej w Wiedniu (1883 r.); otrzymał za niego nagrodę, której certyfikat podpisał pierwszy prezes Austriackiego Stowarzyszenia Elektryków, wybitny fizyk prof. Josef Stefan.

Początek lat 80. XIX w. nie należał w carskiej Rosji do najspokojniejszych. Nasilały się akty przemocy i terroru, organizowano zamachy na cara. Tajne służby i policja tropiły spiski i potencjalnych zamachowców. Szczególnym nadzorem objęto środowiska studenckie jako najbardziej narażone na „nieprawomyślność”. Studiujący chemię z pochodzenia Polak, który już jako uczeń „zabawiał się” materiałami wybuchowymi, musiał być podejrzany i jako taki został w 1881 r. relegowany z uczelni. Inne represje go ominęły, a to dzięki interwencji matki, która, pochodząc z bardzo zamożnej rodziny ziemiańskiej, bywała w czasach swej młodości na dworze carskim, gdzie (wg przekazów rodzinnych) poznała osobiście następcę tronu, a późniejszego cara, Aleksandra III. W wyniku tych starań Michał otrzymał możliwość kontynuowania studiów, ale ... w Noworosyjsku⁴. Próbował jeszcze dostać się na uniwersytet w Odessie, lecz bez powodzenia. W tej sytuacji opuszcza Rosję i udaje się do Niemiec, a dokładnie do Darmstadt w Hesji, gdzie znajduje się Wyższa Szkoła Techniczna – jedna z najstarszych i najbardziej renomowanych politechnik europejskich. Znaczny procent jej studentów stanowili obcokrajowcy, wśród których było wówczas wielu Polaków.



M. Doliwo - Dobrowolski

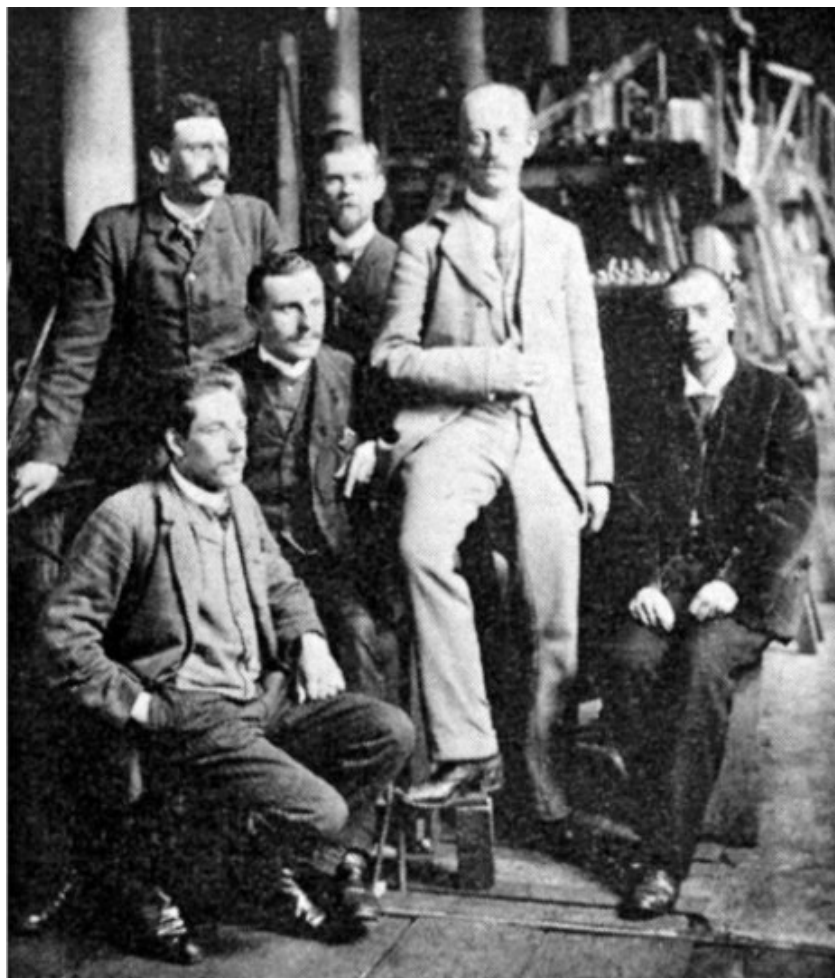
*Fotografia z autografem Michała Doliwo-Dobrowolskiego
z okresu studiów w Darmstadcie*

Michał Doliwo-Dobrowolski podejmuje studia w tej uczelni na pierwszym w świecie wydziale elektrotechnicznym, zorganizowanym tam przez profesora Erazmusa Kittlera, który szybko dostrzegł wysoki poziom intelektualny, duży zasób wiedzy oraz zapał do pracy młodego emigranta z Rosji i uczynił go swoim asystentem. W tym charakterze prowadził on w latach 1885–1887 zajęcia laboratoryjne i wykłady z elektrochemii, ze szczególnym uwzględnieniem galwanoplastyki i metalurgii. Cieszyły się one dużym uznaniem studentów, a byli to studenci nieprzeciętni, bo większość z nich odniosła w swoim późniejszym życiu sukcesy zawodowe – czy to na polu naukowo-dydaktycznym (znakomici profesorowie wyższych uczelni), czy to gospodarczym (wybitni wynalazcy oraz menedżerowie przemysłu elektrotechnicznego). Jako wykładowca był znany z tego, że w sposób bardzo jasny tłumaczył trudne problemy elektrochemiczne związane z budową akumulatorów elektrycznych – jednych z podstawowych urządzeń ówczesnych elektrowni prądu stałego⁵.

⁴ Piszą o tym G. Neidhöfer w monografii [12] (str. 39-40) oraz szczegółowo L. Królikowski w pracy [7] (str. 87-88).

⁵ Clarence Feldman, profesor elektrotechniki na politechnice w Delft (Holandia), wspominając swoje studia w Darmstadt i Michała Doliwo-Dobrowolskiego, stwierdza ze zdumieniem i szczerym podziwem, że ten znakomity znawca problemów elektrochemii okazał się także wybitnym konstruktorem i twórcą nowoczesnego systemu przesyłu energii elektrycznej.

Po trzech latach asystentury postanawia zrezygnować z pracy na uczelni i poszukać lepszych możliwości realizacji swoich ambicji w rozwijającym się dynamicznie przemyśle elektrotechnicznym. Z bardzo pochlebną opinią polecającą od profesora Kittlera zgłasza się w 1883 r. do Deutsche Edison-Gesellschaft für angewandte Elektrizität (DEG), przekształconej wkrótce w Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft (AEG). Zanim jednak podejmie pracę w tej prężnej firmie, wyjeżdża na krótko do Odessy, by 11 maja 1887 roku wstąpić tam w związek małżeński ze swą pierwszą miłością - Greczynką o imieniu Cornelia, córką Themistoklesa Tumbi⁶. Niedługo po ślubie udaje się wraz z małżonką do Berlina, gdzie w miejscowym oddziale AEG obejmuje kierownicze stanowisko dające mu możliwości prowadzenia badań i eksperymentowania jako konstruktor-wynalazca.



Michał Doliwo-Dobrowolski z zespołem naukowo-badawczym AEG

W technice 2. połowy XIX w. dominował system prądu stałego. Pomimo wysiłków uczonych i inżynierów⁷ nie zaspokajał on szybko rosnących potrzeb – przede wszystkim przemysłu. System ten wymagał bowiem – ze względu na niemożność dostarczania energii elektrycznej na odległości dłuższe niż ok. 300 m - lokowania stosunkowo dużych elektrowni w centrach wielkich miast, co było niezwykle uciążliwe dla mieszkańców. Drugą poważną przeszkodę, ograniczającą możliwości rozwoju gospodarczego opartego na tym systemie energetycznym, stanowiły silniki prądu stałego, które – wyposażone w komutatory - były nie tylko drogie, ale i uciążliwe w eksploatacji. Możliwość przesyłania energii elektrycznej na znacznie większe niż dotychczas odległości oraz prosty, tani w produkcji i eksploatacji silnik elektryczny to marzenia niejednego wówczas inżyniera-wynalazcy i niejednego działającego na rynku usług elektrotechnicznych przedsiębiorcy. Na tym też obszarze spotkały się zainteresowania Doliwo-Dobrowolskiego i kierownictwa zatrudniającej go firmy.

⁶ W Odessie liczna była wówczas kolonia Greków. Panna młoda była nie tylko innej narodowości, ale należała do innych niż Doliwo-Dobrowolski kręgów towarzysko-społecznych; jedna z jej sióstr o imieniu Kalliope była znaną aktorką i tancerką

⁷ Impuls, jakim było odkrycie przez Wernera Siemensa w 1867 r. możliwości wykorzystania pozostałości magnetycznej i skonstruowanie samowzbudnej prądnicy elektrycznej prądu stałego oraz elektrownie z generatorami prądu stałego i baterią akumulatorów pod koniec XIX w. nie mogły już sprostać wyzwaniom.

AEG umożliwiła Dobrowolskiemu realizację jego pomysłów. Sprzyja im dyrektor naczelny Emil Rathenau, który, otwarty na nowe rozwiązania, nie boi się podejmować ryzyka. W celu wprowadzenia na rynek nowych produktów nawiązuje on współpracę z dyrektorem szwajcarskiego przedsiębiorstwa Maschinen Fabrik Oerlikon - MFO⁸, która to współpraca zaowocuje bardzo szybko nie tylko wymiernymi korzyściami finansowymi, jakie odniosą obie konkurujące do tej pory firmy, ale także - rozwojem nauki, techniki i przemysłu nie tylko europejskiego, ale i światowego⁹.

Odkrycie przez Nicola Teslę¹⁰ i Galileo Ferrarisa¹¹ wirującego pola magnetycznego, powstającego pod wpływem prądu zmiennego, pobudzało w latach 90. XIX wieku wyobraźnię uczonych i wynalazców, poszukujących sposobów praktycznego wykorzystania jego mocy w urządzeniach mechanicznych do produkcji energii elektrycznej. Konstruowaniem takich urządzeń zajmowali się z większym lub mniejszym powodzeniem m.in. Charles Schenk Bradley, Nicola Tesla, Friedrich August Haselwander¹² i Jonas Wenström.¹³ Do tego grona należy również Dobrowolski, który zainspirowany artykułem G. Ferrarisa z marca 1888 r., konstruuje rewelacyjny - prosty w obsłudze, tani w produkcji i eksploatacji - trójfazowy klatkowy silnik indukcyjny o danych: średnicy stojana 75 mm, długości 75 mm i mocy około 100 W. Dla tego pierwszego silnika, zbudowanego na początku 1889 r., w charakterze stojana został wykorzystany pierścieniowy twornik maszyny prądu stałego z 24 półzamkniętymi żłobkami. Rozwiązanie to zapewniało bardziej korzystny rozkład pola magnetycznego w szczeliny powietrznej. Uzwojenie zaprojektowano tak, że można było uzyskać przełączalną ilość par biegunów (2p = 2 lub 4) i różną liczbę faz - 2, 3, a nawet 6 i 12. Szczelina powietrzna wynosiła 1 mm, co na ówczesne czasy było bardzo śmiałym rozwiązaniem. Zdjęcie silnika nowej generacji zamieszczono w publikacji Dobrowolskiego w ETZ.

Asynchroniczny silnik z wirnikiem klatkowym, pracujący w systemie prądu przemiennego trójfazowego, którego patent zgłoszono 8.03.1889 r., zapoczątkował nową erę w elektryce, trwającą do dziś epokę prądu przemiennego. W tym roku skonstruował też trójfazowy generator prądu przemiennego o całkowicie nowej konstrukcji. Maszyna jako przetwornica jednotwornikowa miała wirnik bębnowy z uzwojeniami wyprowadzonymi na oba końce wału, których końcówki z jednej strony przyłączono do komutatora, a z drugiej do trzech pierścieni, z których właśnie uzyskiwano prąd przemienny trójfazowy z przesunięciem faz o 120°. Prowadzenie badań eksperymentalnych umożliwiało 3-fazowe źródło prądu przemiennego z trzema tylko przewodami (suma prądów w trzech fazach wynosiła zero), w odróżnieniu od rozwiązań N. Tesli, gdzie przy różnicy faz 60° potrzeba było aż sześć przewodów. Odkrycie systemu 3-fazowego dało początek kolejnym wynalazkom oraz pozwoliło opracować nowe zasady konstrukcji i obliczeń nie tylko silników trójfazowych, ale transformatorów i generatorów. Dobrowolski buduje różnorodne wersje silników - tak pod względem mocy, jak i nowych rozwiązań konstrukcyjnych, m.in. z wirnikami uzwojonymi (z możliwością dołączenia opornika rozruchowego), zwanymi dzisiaj pierścieniowymi, oraz dwuklatkowymi o rozwiązaniach zapewniających dobre charakterystyki rozruchowe. Jednocześnie pracuje nad konstrukcją i budową różnych wariantów transformatorów trójfazowych¹⁴, zaczynając od rozwiązań tzw. promieniowych (patent niemiecki nr 56359 z 29 sierpnia 1889 r.), a kończąc na klasycznych konstrukcjach kolumnowych, z których pierwszą zgłoszono do urzędu patentowego 4.10.1891 r. Michał Doliwo-Dobrowolski jest również twórcą autotransformatora trójfazowego, który z powodzeniem zastosował w 1892 r. do rozruchu silnika indukcyjnego.

⁸ Peter Emil Hubert Werdmüller, podobnie jak Emil Rathenau, absolwent politechniki w Zurychu, był dyrektorem naczelnym Oerlikonu, a jednym z głównych jego udziałowców - świetny menedżer, W. Boveri. Wybitną indywidualnością w MFO był inżynier Charles Eugen Lancelot Brown, pełniący w niej podobną funkcję do tej, jaką Doliwo-Dobrowolski sprawował w AEG. Wkrótce po nawiązaniu tej współpracy MFO przekształca się w Brown-Boveri Company - BBC.

⁹ Według prof. J.F. Gierasa „... Aktywne prace badawczo-rozwojowe w dziedzinie maszyn elektrycznych od końca XIX wieku były prowadzone w centralnej Europie, Wielkiej Brytanii, USA i Rosji - ZSRR” (Advancements In Electric Machines, Springer 2008).

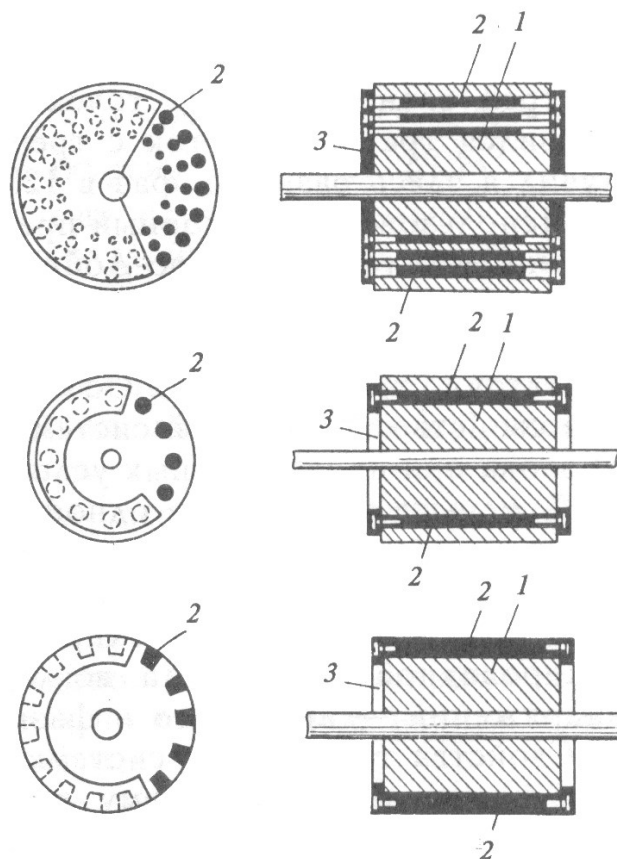
¹⁰ Nicola Tesla (1856 - 1943), chorwacki elektrotechnik i wynalazca. Studiował w Pradze, Budapeszcie i Paryżu. Odkrywcą zjawiska pola wirującego w 1884 r. Pracował w USA. Uzyskał liczne patenty, m.in. na wielofazowe silniki i generatory, opracował i wdrożył systemy dwufazowe. Jego imieniem nazwano jednostkę indukcji magnetycznej.

¹¹ Galileo Ferraris (1841 - 1897), profesor, pracownik Reale Museo Industriale Italiano. W latach 1886-1887 prowadził w Turynie badania z zakresu elektrotechniki. Niezależnie od N. Tesli odkrył warunki powstawania pola wirującego w 1885 r. Zbudował model silnika dwufazowego.

¹² Friedrich August Haselwander (1859 - 1932), inżynier niemiecki, elektrotechnik, właściciel patentu na trójfazowy generator prądu przemiennego oraz właściciel niedużej fabryki w Offenburgu.

¹³ J. Wenström jest jednym z twórców przesyłu energii elektrycznej w systemie prądu trójfazowego. W 1890 r. skonstruował silnik, generator i transformator trójfazowy. Wg jego pomysłu i z zastosowaniem jego prądnicy już w grudniu 1893 dokonano w Szwecji przesyłu energii elektrycznej w tym systemie. Na trasie Hellsjön - Grängesberg, liczącej 13 km, przesłano prąd o mocy 344 kVA, napięciu 9500V i częstotliwości 70 Hz.

¹⁴ W polskiej literaturze szerzej pisze na ten temat M. Dąbrowski w artykule pt. Naukowe podstawy powstania transformatorów (INPE, nr 86-87 z. 2006 r., str. 23-38) oraz w monografii pt. Początki rozwoju transformatorów, str. 57-63



Wirniki klatkowe silnika indukcyjnego trójfazowego wg zgłoszenia patentowego Michała Doliwo-Dobrowolskiego z dnia 8.03.1889 r. (patent niemiecki nr 51083)

Prace wykonywane przez Doliwo-Dobrowolskiego dla AEG, która była potentatem nie tylko na rynku niemieckim, przynoszą firmie pokaźne zyski (w ciągu kilku lat jej kapitał zakładowy powiększa się wielokrotnie), a jemu samemu - uznanie i rozgłos. Jako uczonego-wynalazca cieszący się dużym autorytetem zostaje zaproszony do udziału w Pierwszym Rosyjskim Kongresie Elektryków – w styczniu 1890 r. Wygłasza na nim referat przyjęty przez uczestników z wielkim zainteresowaniem. Kongres ten był dużym wydarzeniem, o czym świadczy uroczyste śniadanie, którym podjął – w Carskim Siole (obecnie Puszkina) - 300 jego uczestników sam imperator Rosji, car Aleksander III.

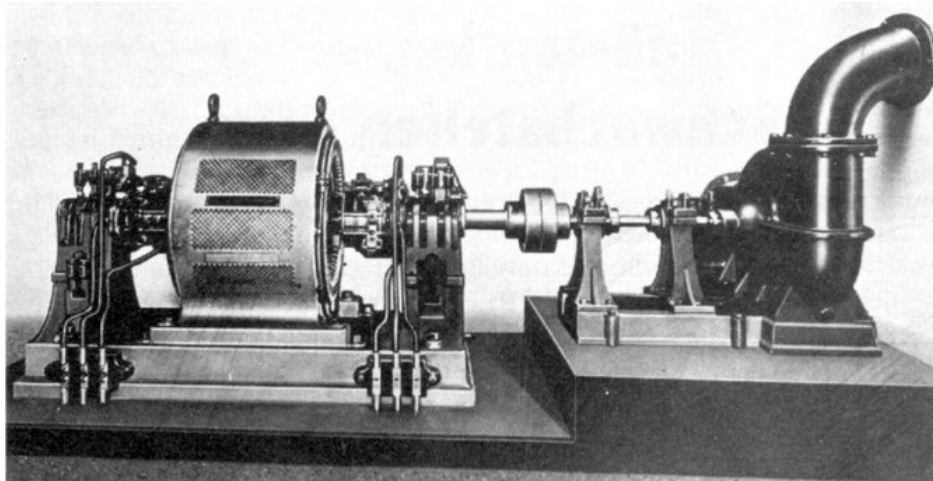
Końcówce lata 80. i początkowe 90. XIX w. to w życiu Michała Doliwo-Dobrowolskiego okres szczególnie, pełen sukcesów zawodowych, jak i spełnienia w życiu osobistym. 23 maja 1891 roku przychodzi na świat jego pierwszy syn Dymitrii, a cztery lata później, 21 lutego 1895 r. drugi – Serge. Na fotografii z tego okresu widzimy zadowolonego, uśmiechniętego człowieka, który w pełni odpowiada opisowi Jamesa Birnholza, bliskiego współpracownika Dobrowolskiego w AEG: „Wysoki, szczupły mężczyzna z rzadką brodą i pociągłą twarzą z parą mądrych, bystrych oczu, z których prześwitywała ironia...” Należy do zakładowego klubu kolarskiego i rozpoczyna działalność w Elektrotechnische Verein, które w 1893 r. przyjęło nazwę Verband Deutscher Elektrotechniker – VDE (Stowarzyszenie Elektrotechników Niemieckich - jedno z najstarszych i najbardziej zasłużonych narodowych stowarzyszeń elektryków na świecie).

W elektroenergetyce końca XIX wieku dominował system prądu stałego¹⁵, w który zainwestowano ogromne kapitały. Toteż przed zamortyzowaniem składających się na niego i służących mu urządzeń nikt nie kwapił się do rewolucji w tej dziedzinie, tym bardziej że był on poparty autorytetem samego Edisona. Wprowadzenie systemu trójfazowego wymagało kosztownej promocji, a najlepiej – spektakularnego sukcesu. Współpracujące ze sobą koncerny AEG i Oerlikon postanowiły wykorzystać w tym celu Światową Wystawę Elektrotechniczną, zorganizowaną w 1891r. we Frankfurcie nad Menem.

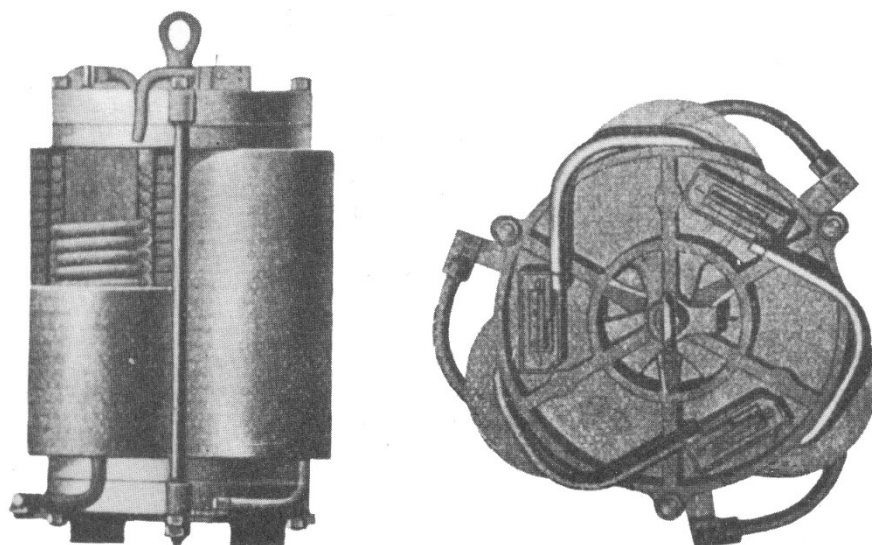
Doliwo-Dobrowolski zaproponował zaprezentowanie na tej wystawie kompletnego systemu prądu trójfazowego składającego się z generatora, linii przesyłowej wysokiego napięcia, transformatorów, silnika oraz zwykłych 50-watowych żarówek, które mogły być użyte w gospodarstwach domowych – z demonstracją jego wszechstronnych możliwości.

¹⁵ Jednofazowy prąd przemienny stosowany był sporadycznie; spore osiągnięcia na tym polu miała firma Ganz z Budapesztu. Szersze zastosowanie znalazł system prądu dwufazowego w USA oraz jednofazowego w Wielkiej Brytanii i Szwajcarii.

Zgodnie z pomysłem głównego organizatora całego przedsięwzięcia Oskara von Millera przyjęto śmiały projekt wykorzystania do napędu generatora wolnobieżnej turbiny wodnej znajdującej się w odległym o 175 km od Frankfurtu Lauffen i przesyłu mocy wytworzonego tam prądu przemiennego trójfazowego o napięciu 15-30 kV na teren wystawy. Generator ten oraz dwa transformatory o mocy 150 kVA każdy dostarczył Oerlikon. AEG natomiast dostarczyła silnik trójfazowy o mocy 100 KM (73 kW), czyli prawie 10-krotnie większej od ówczesnie budowanych; był on efektownie prezentowany w ruchu, stając się – jako największy na świecie – główną atrakcją wystawy. Ponadto AEG dostarczyła również kilka mniejszych silników, dwa transformatory, 1000 żarówek oraz cały sprzęt pomocniczy.



Trójfazowy silnik Michała Doliwo-Dobrowolskiego z 1891 r. o mocy 100 KM w układzie napędowym pompy zasilającej wodospad



Widok uzwojeń transformatora trójfazowego olejowego firmy AEG z 1891 r.

Budowę linii przesyłowej (wg koncepcji Dobrowolskiego) na wybrane po próbach napięcie 15 kV (fazowe – 8,3 kV) powierzono przedsiębiorstwu pocztowemu, które wykonało to zadanie w sześć tygodni, co było nie lada wyczynem. Nie tylko bowiem ustawiono 3282 słupy ze specjalną wysokonapięciową izolacją, ale pokonano również szereg trudności organizacyjnych, takich jak uzyskanie pozwoleń setek właścicieli ziemi, formalności związanych z przekraczaniem czterech granic administracyjnych w ramach Rzeszy – nie wspominając już o pozyskaniu środków finansowych i innych. Było to też niewątpliwie przedsięwzięcie ryzykowne, a to z uwagi na brak doświadczenia budowniczych i przepisów dotyczących bezpieczeństwa pracy. O zaangażowaniu Doliwo-Dobrowolskiego w jego realizację, jak i o sile woli i charakteru wynalazcy, świadczy niezwykle ryzykowny sposób, w jaki przekonał on komisję, w której gestii pozostawała decyzja na uruchomienie tej linii. Otóż na oczach członków tej komisji podniósł z ziemi zerwany (celowo) przewód tej linii pod napięciem, wykazując w ten sposób brak jakiegokolwiek zagrożenia, co wcale nie było takie oczywiste, ale komisję przekonał.

Oskar von Miller¹⁶, główny organizator ekspozycji AEG i Oerlikonu, nie zaniedbał niczego. Nawet cesarz Niemiec, Wilhelm II, wyasygnował na ten cel okazałą sumę marek w złocie. Prezentacja systemu okazała się sukcesem. Przesyłany z daleka prąd „poruszał” silnik napędzający pompę wodną 10-metrowego wodospadu, którego kaskada pięknie mieniła się w świetle 1000 żarówek zainstalowanych na wystawie. Cały układ przesyłowy oceniła komisja, która wykonała w kilka dni precyzyjne pomiary. Wyniki potwierdziły opłacalność stosowania zaprezentowanego systemu prądu przemiennego trójfazowego. Relacje reporterów i korespondentów ówczesnej prasy były rzeczowe, a komentarze - entuzjastyczne¹⁷.

Równoległe z Wystawą odbywał się we Frankfurcie Międzynarodowy Kongres Elektrotechniczny; uczestniczyło w nim 750 osób. W trakcie drugiego plenarnego posiedzenia uczestnicy kongresu (byli wśród nich wybitni uczeni, tacy jak prof. Eduard Hospitalier z Francji, czy prof. Silvanus P. Thompson z Londynu) odbyli bardzo długą, momentami burzliwą dyskusję odnośnie terminu „Drehstrom”¹⁸ autorstwa Michała Doliwo-Dobrowolskiego nad wprowadzeniem tego pojęcia do „oficjalnej” literatury naukowo-technicznej. Pomimo braku jednomyślności wspomnianego terminu użyto parokrotnie w oficjalnych materiałach pokongresowych.

Po wystawie frankfurckiej kierunek rozwoju elektrotechniki i elektroenergetyki został przesądzony. Zaprzestano w krótkim czasie nie tylko budowy elektrowni z generatorami prądu stałego, ale także z maszynami prądu przemiennego 1- i 2-fazowego. Bardzo szybko rozpoczęto budowę nowych elektrowni – wyłącznie w systemie prądu trójfazowego. Już w sześć lat po sukcesie we Frankfurcie AEG uruchamia pierwsze „trójfazowe” elektrownie ciepłe – w miejscowościach Zabrze i Chorzów (Zabrze i Chorzowie). W Rosji pierwsze zastosowanie systemu trójfazowego miało miejsce przy elektryfikacji elewatora w Noworosyjsku, dla którego pod kierownictwem inż. A. N. Szczensnowicza zbudowano elektrownię z 4 maszyn synchronicznych po 300 kVA koncernu BBC.

Dobrowolski przystępuje do konstruowania następnej generacji silników oraz transformatorów trójfazowych i uzyskuje na nie kolejne patenty. Projektuje również nowego typu generatory prądu trójfazowego oraz przyrządy pomiarowe, m.in. fazomierz i częstotliwościomierz. Zajmuje się także zagadnieniami łuku elektrycznego, opracowując tzw. komory gaszenia (tego łuku) w wyłącznikach wysokonapięciowych. Opatentowany przezeń sposób gaszenia łuku elektrycznego w aparatach rozdzielczych miał ogromne znaczenie praktyczne i - podobnie jak wprowadzone przez niego pojęcie współczynnika mocy $\cos \varphi$ – pozostaje aktualny do dziś. W latach 1894 – 1895 prowadzi studia nad generatorami dużej mocy, mogącymi mieć zastosowanie w hydroelektrowniach. Zagadnienie to zostało szczególnie dokładnie przeanalizowane podczas budowy (1898 r.) pierwszej na świecie trójfazowej elektrowni wodnej w Rheinfelden na pograniczu szwajcarsko-niemieckim. Dobrowolski zapoznał się z generatorem zaprojektowanym przez Browna dla hydroelektrowni w Lauffen i krytycznie zinterpretował otrzymane rezultaty. Stwierdził m.in., że generator posiadał zbyt duże rozproszenie pola magnetycznego, mały przepływ, czego konsekwencją był znaczny spadek napięcia przy obciążeniu generatora. Wyniki swoich rozważań nad generatorem dla projektowanej elektrowni wodnej w Rheinfelden przedstawił w artykule pt. „Stadium der Bauart der Drehstrom-Generatoren” – zamieszczonym w „ETZ” w 1894 r. W swojej koncepcji zaproponował nowe parametry techniczne, zwłaszcza w zakresie wykonania turbin wodnych i minimalnej ich prędkości obrotowej. We wnioskach swojej analizy zawarł spostrzeżenia, dotyczące konieczności wyeliminowania komutatora, co uprościło konstrukcję i obsługę, a także umożliwiło przeniesienie uzwojenia na nieruchomy stojan. W ten sposób zastosowano izolację o lepszych parametrach i uzyskano wyższe napięcia. Rozwiązanie to umożliwiło również prostsze sprzęgnięcie z silnikiem napędowym (np. turbiną wodną) i było pierwowzorem konstrukcji zastosowanych w większości elektrowni europejskich.

Mniej więcej w tym samym czasie zaproponowano¹⁹ Dobrowolskiemu objęcie funkcji dziekana na nowo powstającym, pierwszym w Rosji Wydziale Elektrotechnicznym Petersburskiego Instytutu Politechnicznego. Doliwo-Dobrowolski konsultuje szczegóły dotyczące m.in. siedziby wydziału, programu studiów, organizuje zakup wyposażenia, a nawet przekazuje wydziałowi swój prywatny księgozbiór literatury fachowej. Proponowanej funkcji jednak nie obejmuje, wymawiając się złym stanem zdrowia i proponując na swoje miejsce Michaiła

¹⁶ Oskar von Miller (1855 – 1934) znakomity inżynier, organizator i przedsiębiorca, stworzył m.in. plan elektryfikacji całych Niemiec oraz zaprojektował budowę pierwszej centralnej elektrowni w Berlinie.

¹⁷ „Times”: *Przenoszenie energii na trasie Lauffen – Frankfurt jest najpoważniejszym doświadczeniem elektrotechniki, od chwili, gdy zaczęliśmy się nią posługiwać.* „Frankfurter Zeitung” uznała, że przesyłanie energii jest nową formą zmniejszania przestrzeni i zaproponowała nazwę tego zjawiska „Ferwirkung der Kraft”, co w wolnym tłumaczeniu oznacza „działanie siły na odległość”.

¹⁸ Terminem tym określał Dobrowolski prąd przemienny trójfazowy powodujący bezpośrednio ruch obrotowy, poruszający silniki jego konstrukcji. Nazwa „Drehstrom”, jako najlepiej oddająca istotę nowego zjawiska została użyta w tytułach i treści szeregu materiałów przygotowanych na Kongres przez różne firmy, m.in. AEG i MFO, ale nie tylko.

¹⁹ Gorącym zwolennikiem Dobrowolskiego jako kandydata na to stanowisko był wpływowy minister finansów w rządzie rosyjskim Siergiej J. Witte.

Szatielena²⁰, który funkcję tę objął i sprawował przez wiele lat, a po rewolucji 1917 roku został rektorem tej uczelni.

Wkrótce też spotykają go kolejne dowody uznania i zaszczyty. Za osiągnięcia w dziedzinie elektrotechniki „trójfazowej” uhonorowany zostaje w 1900 r. Złotym Medalem Światowej Wystawy w Paryżu. Działalność Dobrowolskiego zaowocowała też funkcjami z wyboru w Verband Deutscher Elektrotechniker – VDE (Stowarzyszeniu Elektrotechników Niemieckich). Pracuje w trzech komisjach VDE: Normalizacji i Maszyn Elektrycznych, Przepisów Bezpieczeństwa Elektrotechnicznego oraz ds. histerezy magnetycznej. Koordynatorem prac tych (i pozostałych) komisji VDE był w tym czasie słynny Gisbert Kapp²¹.

Prawdopodobnie ze względów zdrowotnych przenosi się Dobrowolski w roku 1903 do Szwajcarii. Podejmuje też starania o uzyskanie obywatelstwa szwajcarskiego; otrzymuje je w 1905 roku. Z bliżej nieznanym nam powodów w marcu 1907 roku rozwodzi się, by w pięć miesięcy później zawrzeć w Lozannie nowy związek małżeński z Hedwig von Taack-Trankranen²², wdową po Izaaku - naturalizowanym Holendrze, malarzu i właścicielu drukarni w Berlinie.

Okres kilkuletniego pobytu Michała Doliwo-Dobrowolskiego w Szwajcarii jest stosunkowo mało znany. Prawdopodobnie cały czas współpracował z AEG, bo w 1908 roku przyjmuje stanowisko dyrektora berlińskiej fabryki aparatury elektrycznej tego koncernu. W związku z tym przenosi się na stałe do Niemiec, utrzymuje jednak stałe kontakty z politechniką w Darmstadt, która w 1911 roku „za wybitne zasługi dla rozwoju elektrotechniki” wyróżnia go godnością doktora honoris causa.

W roku 1914 wybuchła pierwsza wojna światowa. Michał Doliwo-Dobrowolski pozostając w Niemczech, doznaje wszystkich uciążliwości związanych z wojennym niedostatkiem. W tym trudnym okresie – z inspiracji starszego kolegi, powszechnie szanowanego profesora Josefa Epsteina – pisze obszerną historię powstania systemu prądu trójfazowego. Zostaje ona opublikowana w 1917 r. jako „Aus der Geschichte des Drehstromes” w trzech kolejnych zeszytach „Elektrotechnische Zeitschrift”. Wymienia w niej swoje nazwisko w porządku alfabetycznym. Spór o to, kto był właściwym twórcą systemu prądu trójfazowego – podobnie jak wiele innych związanych z odkryciami i wynalazkami – definitywnie rozstrzygnięty został przez specjalnie powołaną w 1957 r. komisję VDE. Komisja ta jednoznacznie określiła fundamentalny wkład i znaczenie prac Doliwo-Dobrowolskiego. Przewodniczący wyniki badań komisji streścił następująco: „*Pierwszy – G. Ferraris – miał właściwie w rękę zasadę rozwiązana, opóźnił jednak o 3 lata swoją publikację i nie rozumiał praktycznego znaczenia pomysłu. Drugi – C. Bradley – dobrze znający zagadnienie, krok za krokiem doszedł do rozwiązania w technicznie użytecznej postaci, ale ograniczył się do zgłoszenia patentowego. Nie pomyślał o praktycznym wykonaniu tego urządzenia. Trzeci – F.A. Haselwander – przez przypadek wpadł na właściwe rozwiązanie, rozpoznał trafnie jego wartość i wykorzystał je w malej skali. Zabrakło mu jednak kapitałów i umiejętnej reklamy. Czwarty – N. Tesla – opracował myślowo rozwiązanie problemu, śnił o nim sny nieco fantastyczne, ale nie stworzył rozwiązania technicznego. Piąty – J. Wenström – dostrzegł trafnie problem, znalazł przemysłane rozwiązania, ale spóźnił się o 2 lata. Szósty – M. Doliwo-Dobrowolski – znał dobrze problemy przenoszenia energii oraz konstrukcji maszyn elektrycznych, ale przede wszystkim miał szczęście pracować pod kierunkiem genialnego wręcz menażera (E. Rathenau), który potrafił patrzeć daleko w przyszłość. Siódmy wreszcie – C. Brown – przyczynił się do rozwiązania trudności związanych z techniką wysokich napięć przy przesyłaniu energii*”²³.

Kończy się wielka wojna. Polska 11 listopada 1918 r. uzyskuje niepodległość. Michał Doliwo-Dobrowolski wysyła do Warszawy telegram gratulacyjny²⁴. Na ulicach Berlina rewolucyjny tłum, strzelanina – powstanie Spartakusa. W tych dniach zamętu, chaosu i niepewności jutra odbywa się (27 listopada 1918 r.) zebranie naukowe VDE, na którym Michał Doliwo-Dobrowolski wygłasza odczyt o granicach zastosowania prądu trójfazowego. W atmosferze gorącej dyskusji, prowadzonej przez ludzi o niekwestionowanym autorytecie, przeważają głosy zaskoczenia. Ale to autor referatu ma rację, kreśląc perspektywy dla prądu stałego, jako łącznika wielkich systemów trójfazowych. Wizja ta spełniła się na początku lat 60. XX w., kiedy to zastosowano tzw. krótkie łącza na prąd stały do połączenia ze sobą – jak to przewidział Dobrowolski – wielkich systemów elektroenergetycznych.

²⁰ *Michail Andriejewicz Szatielen vel Chatelaien* (1866 – 1957) wybitny elektryk, znany wówczas ze swej działalności w całej Europie, m.in. był jednym z założycieli w 1883 r. Société Internationale des Électriciens, a także członkiem AIEE w USA.

²¹ Gisbert Johann Eduard Kapp (1852 – 1922), profesor elektrotechniki (do 1904) położył duże zasługi w tworzeniu matematycznych podstaw elektrotechniki. Autor fundamentalnego dzieła dotyczącego obliczenia obwodów magnetycznych, wieloletni, wpływowy redaktor organu VDE „Elektrotechnische Zeitschrift”, później prezes Institute of Electrical Engineers – IEE.

²² Hedwig z domu Pallattschek pochodziła z Wrocławia, z pierwszego małżeństwa miała dwóch synów – 9-letniego Nicolasa i trzy lata starszego Frederica. Synowie Michała pozostawali z rodzicami i ze sobą w bardzo dobrych stosunkach.

²³ Patrz: Hildebrandt F. [5], Neidhofer G. [12], Wajs K., *Początki przesyłania energii elektrycznej*, „Wiadomości Elektrotechniczne” nr 4, 1993, s. 123-127

²⁴ Informację o powyższym fakcie przekazał zasłużony historyk elektrotechniki polskiej Jerzy Kubiowski [2,7].

Niestety, stan zdrowia Dobrowolskiego stale się pogarsza. Wyczerpująca praca pogłębia chorobę serca. 15 marca 1919 r. wraca do miasta swej studenckiej młodości – Darmstadt. Pracy na swojej uczelni już jednak nie podejmuje. Ulega panującej wówczas epidemii grypy. Trzytygodniowy pobyt w klinice uniwersyteckiej w Heidelbergu²⁵ nie pomógł – umiera 15 października 1919 roku. Jego grób, wspólny z drugą żoną Hedwig (zm. 19.01.1943), znajduje się w Darmstadt.

„Elektrotechnische Zeitschrift” opublikował po śmierci Dobrowolskiego obszerny artykuł wspomnienny, w którym określa się go jako człowieka wrażliwego, pogodnego, bezpośredniego, otwartego, życzliwego nie tylko dla bliskich, o wybitnej inteligencji, który z wyrozumiałą wyższością odnosił się do zakusów umniejszania osiągnięć jego umysłu, a który w dyskusjach wykazywał głęboką wiedzę zagadnień technicznych, ale imponował również znajomością światowej literatury i sztuki. Podkreślono Jego kulturę osobistą i serdeczny stosunek, z jakim odnosił się do wszystkich spotkanych na swej drodze osób.

Na zakończenie dwie opinie – „ze Wschodu i Zachodu” – na temat starań o zachowanie w pamięci potomnych dzieła Michała Doliwo-Dobrowolskiego.



Michał Doliwo-Dobrowolski - człowiek sukcesu

Jak podaje Jan A. Szejberg [14], cytując pamiątkowy folder z wystawy poświęconej Michałowi Doliwo-Dobrowolskiemu: „W mieście Szczecinie nadano skwerowi imię Doliwo-Dobrowolskiego i odsłonięto pamiątkowy kamień. Wydano specjalny folder, zawierający wiele interesujących fotografii, a w tym zdjęcie pamiątkowej tablicy na domu w Gątczynie, gdzie urodził się uczonej. Tytuły i nagłówki folderu: *Michał Doliwo-Dobrowolski. Europejczyk. Pionier Elektrotechniki. Polak.* Podkreślono, że Doliwo-Dobrowolski to symbol elektrotechniki europejskiej, podobnie jak Edison – amerykańskiej. Odegrał on wybitną rolę w historii światowej elektrotechniki. Przypada mu fundamentalna rola w rozwiązaniu najważniejszego problemu energetycznego na przełomie XIX i XX wieku”.

²⁵ Był przy nim prawdopodobnie syn Dymitrii [12] odbywający tam wówczas staż lekarski. Nb. synowie Michała używali tylko pierwszego członu nazwiska – Doliwo. Jako ciekawostkę odnotowujemy informację zamieszczoną w biuletynie szwajcarskiego stowarzyszenia elektryków o przyjęciu w swoje szeregi (1984) François Doliwo zamieszkałego w tym czasie w Yverdon.

„Podobnie G. Niedhöfer w monografii [12] poświęconej Dobrowolskiemu na s. 235-236 pisze: „W polskim mieście Szczecinie odbyła się zorganizowana przez Instytut Elektrotechniki Politechniki Szczecińskiej 5. Międzynarodowa Konferencja nt. Niekonwencjonalnych Układów Elektromechanicznych i Elektrycznych (UEES'01). Szczególną okazję stanowiło 110-lecie pierwszego w świecie przesyłu energii na dużą odległość przy użyciu prądu trójfazowego wysokiego napięcia (1891-2001). Na początku konferencji odbyło się seminarium o życiu i twórczości Michała Doliwo-Dobrowolskiego ze szczególnym podkreśleniem tego, że ten wielki i wybitny pionier elektrotechniki i twórca systemu trójfazowego był polskiego pochodzenia. Program obejmował referaty zamawiane, starannie przygotowaną wystawę o pionierze prądu trójfazowego i – jako ukoronowanie – odsłonięcie pomnika ku czci Michała Doliwo-Dobrowolskiego. Ponadto na wniosek SEP-u Rada Miejska Szczecina postanowiła nadać imię Doliwo-Dobrowolskiego jednemu z placów w pobliżu Instytutu Elektrotechniki. Tym samym Polska w sposób nadzwyczaj godny po raz pierwszy uhonorowała tego wielkiego wynalazcę polskiego pochodzenia.”



Pierwszy medal pamiątkowy im. Michała Doliwo-Dobrowolskiego ustanowiony przez Zarząd Główny Stowarzyszenia Elektryków Polskich w dniu 2.01.2007 r.

Historia życia i działalności Michała Doliwo-Dobrowolskiego jest dobrą ilustracją ważnego etapu w dziejach elektrotechniki. Pokazuje, jak twórcza osobowość może wpłynąć na kierunki rozwoju nauki i techniki, a w konsekwencji – jakość i poziom życia społecznego. Niezbędne są do tego określone warunki, do których należą przede wszystkim: zaistniałe wcześniej społeczne potrzeby na określone dobra i usługi, kreatywni ludzie – liderzy zespołów naukowo-wdrożeniowych oraz menadżerowie posiadający wizję i odwagę w zapewnieniu odpowiednich do potrzeb nakładów finansowych na badania naukowe i wdrożenia.

PS.

Autorzy dziękują Kolegom – mgr. Ryszardowi Kacperskiemu za pomoc w redakcji niniejszego artykułu i mgr. inż. Sebastianowi Wiszniewskiemu za przygotowanie ikonografii.

Wykaz publikacji:

1. O sootnošenij različných baterej, Električestwo 1884, nr 8
2. Zamietki po teorii i praktiki elektroliza, Električestwo 1885, nr 5-6
3. Einwendungen nach der Vortrag, Über die Aufspeicherung des Wechselstromes von Dr. Föppl, „Elektrotechnische Zeitschrift 1890, H. 21, s. 307
4. Kraftübertragung mittels Wechselströmen von Verschiedener Phase (Drehstrom), Elektrotechnische Zeitschrift 1891, H. 12, s. 149-153, H. 13. s. 161-163
5. Electrical transmission of power by alrternating currents, Electrical World 1891, vol. 18, nr 13, pp. 268-269
6. Auseingandersetzungen über das zu verwendente System, in Anschluss an der Vortrag des Herrn von Miller, Elektrotechnische Zeitschrift 1891, H.12, s. 238-240
7. Electrical Transmission of Power by Alternating Currents, The Electrical Wordl, vol. 18, 1891, No 13, pp. 268-269
8. Elektrische Arbeitübertragung mittels Wechselstroms, Bericht über die Verhandlungen der Sections-Sitzungen des Internationalen Elektrotechniker-Congresses zu Frankfurt am Main von 7 bis 12 September 1891, Verlag Johannes Alt 1892, s. 151-160
9. Bemerkungen nach dern Vortrag, Einige theoretische und experimentelle Untersuchungen über Drehström von die Bois-Reymond, Elektrotechnische Zeitschrift 1891, H. 23, s. 305-306

10. Einige sonderbare Erscheinungen bei hochgespannten Strömen, Elektrotechnische Zeitschrift 1891, H. 52, s. 708
11. Erwiderung auf den Vortrag, Die Tragweite hochgespannter Ströme von Herrn Dihlmann, Elektrotechnische Zeitschrift 1892, H. 6, s. 81
12. Diskussion nach dem Vortrag, Der Schutz der Fernspreitleitungen gegen Induktion von K. Strecker, Elektrotechnische Zeitschrift 1892, H. 10, s. 128-133
13. Bekämpfung der Induktion in Telephon Leitungen, Elektrotechnische Zeitschrift 1892, H. 16, s. 211-213
14. Über den Wirkungsgrad von Transformatoren, Elektrotechnische Zeitschrift 1892, H. 17, s. 222-226
15. Bemerkung zum Vortrag, Über die Ausgiebigkeit der Ankerwicklung bei Gleichstrom, Wechselstrom und Drehstrom von H. Görges, Elektrotechnische Zeitschrift 1892, H. 18, s. 238
16. Selbstschutz einfacher Telephonleitungen, Elektrotechnische Zeitschrift 1892, s. 156
17. Gleichstrommaschine für Dreileitersystem, Elektrotechnische Zeitschrift 1892, s. 211-214
18. Erwiderung auf der Aufsatz von C.E.L. Brown über seinen Wechselstrommotor, Elektrotechnische Zeitschrift 1893, H. 13, s. 178-186
19. Die neuesten Drehstrommotoren ohne Schleifkontakte der Allgemeinen Electricitäts-Gesellschaft, Elektrotechnische Zeitschrift 1893, H. 13, s. 183-184
20. Bemerkungen zur vorstehenden Erwiderung des Herrn C.E.L. Brown, Elektrotechnische Zeitschrift 1893, H. 20, s. 285
21. Instrument zur Bestimmung von Phasenunterschieden bei Wechselstrom, Elektrotechnische Zeitschrift 1894, H. 25, s. 350-352
22. Phasenregulierung bei Wechselstromanlagen, Elektrotechnische Zeitschrift 1894, H. 40, s. 555-556
23. Dreh- und Wechselstrommaschinen der AEG, Elektrotechnische Zeitschrift 1895, s. 95-97
24. Über Phasenverschiebung des Wechselstromes durch Elektrolyse, Elektrotechnische Zeitschrift 1895, s. 381-382
25. Bemerkungen zum Vortrag, Ueber die Vorausbestimmung des Spannungsabfalles bei Transformatoren von G. Kapp, Elektrotechnische Zeitschrift 1895, H. 17, s. 260-261
26. Zur Frage der Legalisirung elektrischer Maasseinheiten, Elektrotechnische Zeitschrift 1896, H. 21, s. 295-298
27. Ueber Anker aus massiven Eisen bei Drehstrommotoren, Elektrotechnische Zeitschrift 1896, H. 28, s. 445-446
28. Diskussionsbeiträge zum Vortrag, Wechselstrommotor mit Anlaufzugkraft von A. Heyland, Elektrotechnische Zeitschrift 1897, H. 31, s. 480-482
29. Sowremiennoje razwitiye tekhniki triehfaznogo toka, Električestwo 1900, nr 4, s. 5-6
30. Über Drehfeldmessgeräte, Elektrotechnische Zeitschrift 1901, H. 33, s. 667-668 (w dyskusji z F. Schrottke, ETZ 1901, s. 657-669)
31. Transformatorschaltungen zur Speisung von Mehrleiteranlagen, Elektrotechnische Zeitschrift 1901, s. 265-267
32. Neues Verfahren zur Verminderung des Schienen potentialgefalles bei Elektrischen Bahnen mit Schienenrückleitung, Elektrotechnische Zeitschrift 1901, H. 1, s. 22
33. Wie mit einem man elektrische Ströme? AEG Zeitung 1910, XII Jahrg. (in Fortsetzungen)
34. Die moderne Massenfabrikation in der Apparatenfabrik der AEG, AEG Zeitung 1912, XIV Jahrg. (in Fortsetzungen)
35. Über Verwendung von Eisen in elektrischen Messinstrumenten, Elektrotechnische Zeitschrift 1913, H. 5, s. 113-116

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894.
Herausgegeben von E. C. Zehe, Dr. F. Meißner (z. Zt. im Felde), K. Perlewitz. — Verlag von Julius Springer. — Berlin W. 9, Link-Strasse 93/94.
38. Jahrgang. Berlin, 28. Juni 1917. Heft 26.

Aus der Geschichte des Drehstromes.)
Von Dr.-Ing. h. c. M. Dolivo-Dobrowolsky, Berlin.

(Fortsetzung von S. 211.)

Über die Entwicklung der ersten Drehstromtransformatoren mit magnetischer Verankerung.

Abb. 2. Drehfeld mit viererlei Wicklung.

Abb. 3. Drehfeldmotor.

Prof. Galileo Ferraris entwickelte etwa um das Jahr 1888 die abstrakte Theorie, daß zwei um 90° in der Phase verschiebte Wechselströme in einem nach Tangentialabstand angeordneten System im Mittelpunkte der sich kreuzenden Felder ein der Intensität nach konstantes, rotierendes Magnetfeld erzeugen. Er bestätigte dies durch Versuche, bei welchen Kupferzylinder leicht in Drehung versetzt wurden. Da er keine zeitliche Wechselstrommaschine zur Verfügung hatte, spaltete er den Strom unter Vorbehaltung von Widerständen und Drosselspulen. Ferraris erwähnte zwar, daß man das Drehfeldprinzip für Elektromotoren verwenden könnte, verachtete aber sofort seine Ausführungen durch eine Bemerkung, laut welcher solche Motoren nie über die höchste theoretische Grenze von 50% (praktisch aber nicht über 40%) Wirkungsgrad kommen könnten. Sein Fehler bestand darin, daß er die „Maximalleistung“ suchte, welche sich eben erst bei 50% Schlupf ergab.

Gleich hinterher mußte ich natürlich eine dazugehörige Wechselstrommaschine für mehrere Phasen ausgeben. Ich verwendete hierzu das Gestell bzw. das Feld eines vierpoligen S-poligen Gleichstrommotors von etwa 3 PS und entwarf dann einen Zehnpolmotor mit mehreren Netzen für 1 Pol. Der Anker wurde als Grammering ausgeführt, um bessere allseitige Schaltungen vornehmen zu können. An die Feldanordnung wählte die „AEG“ erst heranzuleihen, wenn aus dem Versuche „etwas werden würde“.

(Fortsetzung folgt.)

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894.
Herausgegeben von E. C. Zehe, Dr. F. Meißner (z. Zt. im Felde), K. Perlewitz. — Verlag von Julius Springer. — Berlin W. 9, Link-Strasse 93/94.
38. Jahrgang. Berlin, 5. Juli 1917. Heft 27.

Aus der Geschichte des Drehstromes.)
Von Dr.-Ing. h. c. M. Dolivo-Dobrowolsky, Berlin.

(Fortsetzung von S. 211.)

Während man so Manches und Meeres in Arbeit waren, beschloß ich mich in der ganzen Welt umher zu begeben, um zu sehen, bis spät in die Nacht hinein, mit dem weiteren Entwicklungsgang des Drehstromes; ich zweifelte von Anfang an nicht, daß hierin eine Lösung der zukünftigen elektrischen Verteilungsprobleme lag, und suchte eine praktische Gestalt der entsprechenden Aufgabe, wenn auch erst auf Papier, baldigst zu entwickeln. Da kein anderer die „AEG“ hierzu führen konnte, mußte ich es selbst tun, s. w. alles recht „verdäulich“, um mich selber anzusehen. So kam schließlich vor Augen, wenn schon der einfache Wechselstrom so weit angeordnet wird, wie weit es erst werden, wenn er jetzt durch mehrere Leitungen noch verkompliziert wird? Zwei Phasen könnte man schließlich durch gemeinsame Rückleitung, also noch durch die Hälfte bekommen, wie aber, wenn man drei

Da nun nicht gegen diese ungewohnte Lösung oder wohl eher noch so auch weniger möglich, blieb also zunächst in Deutschland nur der „radial“ Transformator geblieben. Die Schweiz verlangt zu jedem Patente im Laufe des ersten Jahres Modellnachweise. Diese wurde nun durch Sendung zweier Modelle, eines radialen und eines primären, geliefert. Da die Modelle auch definitiver Patentierung aber zurückkommen, blieben auch in diesem Patente die Figur zur die radiale Kernmaschine. Der Schutz dieses schweizerischen Patentes war aber erstens durch ein deutsches Patent, das bei gleichem Texte der Beschreibung, und gleiche Figur das deutsche Patent und gleiche Kernanordnung lauschartig war. Dies wurde zu einer Schwärze, die nur in einem kleinen Prozesse in Zürich, gegen Brown, Herolt & Co. entschieden werden mußte. Dieser Kernschuß zweier Patente ist eine sehr lächerliche Episode für die Herren Patentschreiber! Erst im Jahre 1891 wurde ein patentiertes Drehstromsystem in die „AEG“ übernommen, in die Ausführung der ersten mit einem parallelen Kern in einer Eisen (H. P. Nr. 74988 vom 4. X. 1891), welche allerdings heute überall und so gut wie ausschließlich angewendet wird (Abb. 15).

(Fortsetzung folgt.)

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894.

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner (z. Zt. im Feilde), K. Perlewitz. — Verlag von Julius Springer. — Berlin W. 9, Link-Strasse 23/24.

38. Jahrgang.

Berlin, 12. Juli 1917.

Heft 28.

Aus der Geschichte des Drehstromes.¹⁾

Von Dr.-Ing. h. c. M. Doliwo-Dobrowolsky,
Berlin.

(Fortsetzung von S. 357.)

Nach dieser Exkursion zu den Drehstromtransformatoren kehre ich zur Entwicklung der Motoren zurück. Der erwähnte intime Verkehr der „AEG“ mit Oerlikon führte dahin, daß dort ebenfalls ein Drehstrommotor, u. zw. von ungefähr 1 bis 2 PS in einigen Varianten hergestellt und nunmehr mir vorgezeigt wurde. Brown hatte ihn wie auch ich mit Gramringfeld konstruiert, doch legte er nicht bloß die Ankerstäbe, sondern auch die Feldwicklung in geschlossene Löcher. Diese Brownsche Idee akzeptierte ich für spätere „AEG“-Motoren, doch mit dem Zusatz von ganz feinen Schlitznuten und habe so die heute üblichen „halbgeschlossenen“ Nuten eingeführt. Der Oerlikon-Motor lief tadellos. Er hatte einen Käfiganker, welcher sich von dem Berliner Anker nur dadurch unterscheidet, daß seine Stäbe vom Ankerblech isoliert waren. Ich habe oben bereits erklärt, daß bei den geringen freien Spannungen einer Kurzschlußwicklung die Isolation praktisch keinen Zweck hat. Ein Gegenversuch mit blanken Stäben ist damals nicht gemacht worden; ich bin auch bis heute noch bei der Ansicht geblieben, daß lediglich die gesamte Strommenge oder auch die „reduzierte“ Kupfermenge der Kurzschlußwicklung bei Motoren bis zu einigen PS das maßgebende ist. Da aber die Isolierschicht das Anschlagen und Vibrieren der Stäbe etwas nicht ganz stramm anfallenden Stäbe weicher gestaltet, so erklärte ich mir auf diese Weise das geräuschlosere Anlaufen dieses Motors gegenüber meinem 5-pferdigen. Mein $\frac{1}{16}$ PS-Motor lief, wie schon gesagt, auch ganz geräuschlos an. Versuche in Oerlikon mit gleichem Motorfelde, aber anderen Anker, z. B. einem Eisenzylinder mit äußerem Kupfermantel, dann einem unbewickelten Doppel-T-Stück aus massivem Eisen, befriedigten mich nicht. Trotzdem zeigte Brown in der Frankfurter Ausstellung gerade diesen letzteren Anker mit besonderer Vorliebe.

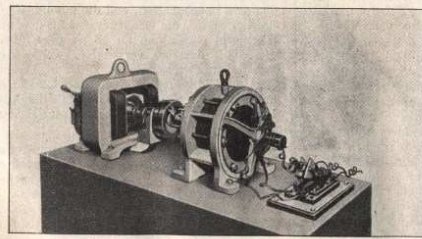


Abb. 14. 2 PS-Drehstrommotor mit Trommelwicklung vom Jahre 1890 mit angekuppelter Belastungsmaschine.



Abb. 17. Nahaussicht des großen Koils auf der Frankfurter Ausstellung.

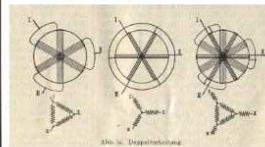


Abb. 16. Doppelwicklung.

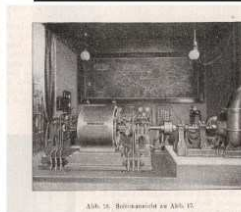


Abb. 15. Betonansicht zu Abb. 17.

Ich übergehe ebenfalls die weiteren Details der Anlage, da sie nicht direkt mit dem Thema der Entwicklung des Drehstromes selbst zusammenhängen und bei etwa einphasig ausgeführter Übertragung ähnlich geworden wären. Hierzu gehören z. B. die Schmelzsicherungen²⁾, die Kurzschließer (Abb. 96) an den Bahnhöfen, die Erdung der Transformatormittelspannung u. dergl. Da Brown inzwischen seinen baldigen Austritt aus Oerlikon zwecks Gründung eigener Gesellschaft ankündigte, so fiel die Aufgabe der Erfindung aller obigen Details, oft erst während der Montage, um die verschiedenen Behörden zu befriedigen, auf mich allein.

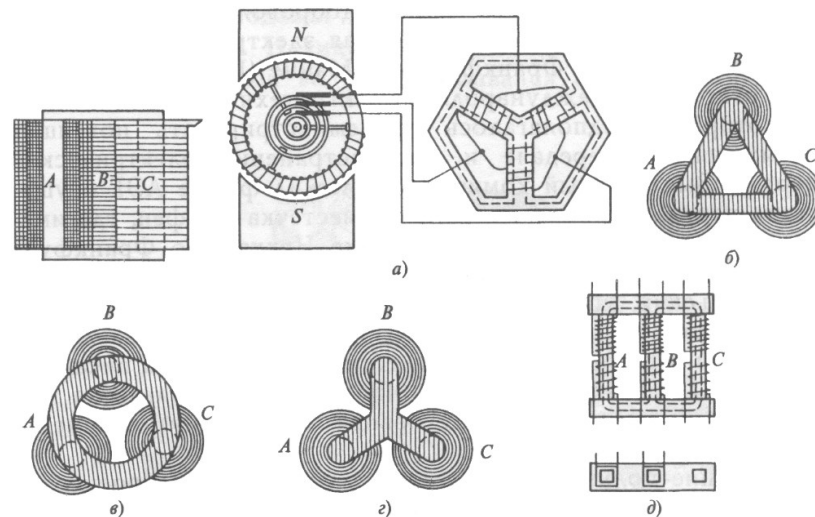
(Schluß folgt.)

Fundamentalny artykuł Michała Doliwo-Dobrowolskiego opublikowany w trzech kolejnych numerach „Elektrotechnische Zeitschrift“:
a) Heft 26, Berlin, 28 Juni 1917, b) Heft 27, Berlin, 5 Juni 1917,
c) Heft 28, Berlin, 12 Juni 1917.

36. Aus der Geschichte des Drehstromes, Elektrotechnische Zeitschrift 1917, H. 26, s. 341-344, H. 27, s. 354-357, H. 28, s. 366-369, H. 29, s. 374-377
37. Kriegs – Ersatzstoffe in der Elektrotechnik. Sonder – Abdruck aus Verhandlungen des Verein zur Beförderung des Gewerbefleisses, Verlag von Leonhard Simion 1918
38. Über die Grenzen der Kraftübertragung durch Wechselströme, Elektrotechnische Zeitschrift 1919, H. 1, s. 1-4, Aussprache zum Vortrag, Elektrotechnische Zeitschrift 1919, H 8, s. 84-87
39. Izbrannyje trudy (o trichfaznom tokie), Gosenergoizdat, Moskwa 1948

Patenty

1. Szwajcarski Nr 1532 od 26 Oktober 1899 Neuerung an sekundären elektrischen Maschinen
2. Brytyjski - Nr 10933 od 19 April 1890 Improvements in Elektro Motors
3. Brytyjski - Nr 13260 od 27 June 1891 Improved Means for the Distribution of Electricity
4. Szwajcarski - Nr 3062 od 19 December 1890 Wechselstromkraftmaschine, betrieben durch ströme verschiedener Phase, mit Vorrichtung zur Regulierung der Geschwindigkeit und Zugkraft
5. Brytyjski - Nr 20425 do 31 January 1891 Improvement in the Regulation of the Speed and Power of Alternating Current Motors
6. Niemiecki - 56359 zgłoszony 29 August 1889, zatwierdzony 22 Mai 1891 Stromumwandler für Wechselströme mit verschobenen Phasen



*Trójfazowe transformatory Michała Doliwo-Dobrowolskiego:
a) w układzie trójfazowym Michała Doliwo-Dobrowolskiego – generator zasilający transformator z promieniowym ułożeniem rdzeni, z kolumnowym rozmieszczeniem rdzeni i jarzmem;
b) trójkątnym, c) pierścieniowym, d) gwiazdowym, e) prostoliniowym*

7. Niemiecki – DRP 79528 (w udziale AEG) Zusammenfassung von Mehrphasenströmen und umgekehrt; mit Spannungregulung in einzelnen Phasen od 10.02.1895 (zgłoszone 23.10.1890)
8. Niemiecki – DRP 92958 (w udziale AEG) Mehrphasenmaschine mit ungleicher Ankerspulen – und Pohlzahl (Bruchlochwicklung) od 26.07.1897 (zgłoszone 25.12.1895)
9. Brytyjski – 19554 (w udziale AEG) Improvements in the connections of alternating current generators and electric motors od 18.10.1890 (zgłoszone 27.08.1890)
10. Niemiecki – DRP 79608 (w udziale AEG) Mehrphasentransformator mit in einer Ebene liegenden Kernen od 4.03.1895 (zgłoszone 4.10.1891)
11. Niemiecki – DRP 51083 (w udziale AEG) Käfiganker für Wechselströmen in Allen Formę, auch Mehrnutanker od 19.4.1890 (zgłoszone 8.03.1889)
12. Niemiecki – DRP 71137 (w udziale AEG) Ausgleichleiter für Drehstrom-Verteilungs-Anlagen Spannungsregulung der einzelnen Phasen od 12.10.1893 (zgłoszone 2.04.1890)
13. Niemiecki – DRP 79608 (w udziale AEG) Mehrphasentransformator mit radial gerichteten Eisenkernen und zwei konzentrischen Schlussjochen od 29.08.1889
14. Brytyjski 19554 (treść jak wyżej) od 18.10.1890 zgłoszony 5.12.1889
15. Niemiecki – DRP 266745 (w polskim przekładzie) Urządzenie do ograniczania rozmiarów łuku elektrycznego powstającego przy przerwaniu obwodu z prądem od 4.05.1912
16. Niemiecki – DRP 272742 (treść jak wyżej) od 24.07.1912 uzupełnienie patentu 266745

Źródła:

1. Ciechanowicz J., Michał Doliwo-Dobrowolski, Twórcy cudzego światła, Polski Fundusz Wydawniczy w Kanadzie, Toronto – Wilno 1996, s. 185-199
2. Ciok Z., Królikowski L., Nowakowski R., Szymczak P., Michał Doliwo-Dobrowolski – współtwórca cywilizacji technicznej XX wieku, Wiadomości Elektrotechniczne, nr 1 2009 r., s. 38-49
3. Dąbrowski M., Początki rozwoju transformatorów, wyd. 2, Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań 2008
4. Epstein J., Rückblick auf die Internationale Elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt, a. M. 1891, ETZ Elektrotechnische Zeitschrift BD. 37 (1916), H. 34, s. 453-456
5. Gusiev S.A., Oчерки по истории razvitiya elektriceskich maszyn, Gosenergoizdat 1955
6. Hillebrandt F., Zur Geschichte des Drehstromes, ETZ-A 1959, H. 13, s. 409-421, H. 14, s. 453-461
7. Hosemann G., Michael von Dolivo-Dobrovolsky – Leben und Bedeutung, ETZ-A 1970, H. 1, s. 1-5
8. Królikowski L., Michał Doliwo-Dobrowolski – pionier techniki prądu trójfazowego, Studia i materiały z dziejów nauki polskiej, seria D, Z. 10 1984 r., s. 85-117
9. Królikowski L., Rozwój konstrukcji maszyn elektrycznych do końca XIX wieku, monografie z dziejów nauki i techniki, t. CXXXVIII, PAN, Instytut Historii Nauki, Oświaty i Techniki, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1986
10. Lauer E. Die erste Drehstromübertragung, ETZ nr 16, 1991, s. 828-836

11. Miller (von), O., Die geschichtliche Entwicklung der elektrischen Kraftübertragung auf weite Entfernung, ETZ 1931, H. 40, s. 1241-1245
12. Neidhöfer G., Early three – phase power winner in the development of polyphase AC, IEEE Power & Energy No 5, 2007 r., pp. 88-100
13. Neidhöfer G., Michael von Dolivo-Dobrowolsky und der Drehstrom, Anfänge der modernen Antriebstechnik und Stromversorgung, Geschichte der Elektrotechnik 19, VDE Verlag GmbH, Berlin und Offenbach 2004
14. Preuss E. J. 100 Jahre Drehstrom, ETZ, nr 16, 1991, s. 824-825
15. Szejberg J. A., Titany elektrotechniki, Oczerki žizni i tvorczestva, Izd. MEI, Moskwa 2004, s. 216-237
16. Veselovskiy O. N., Michaił Osipowicz Dolivo-Dobrowolski, Gosenergoizdat, Moskwa 1958
17. Veselovskiy O. N., Dolivo-Dobrowolski 1862-1919, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa 1963
18. Wüger H., 75 Jahre Drehstrom, Bulletin SEV nr 17, 1966 r., s. 789-795

Opracowali: Romuald Nowakowski, Piotr Szymczak