

Mihailam Doļivo-Dobrovoļskim, trīsfāžu maiņstrāvas izgudrotājam, – 150

Leonīds Ribickis¹, Inese Džarcāne², ¹⁻²Rīga Technical University

Kopsavilkums. Rakstā aplūkots izcilā poļu izcelsmes inženiera Mihaila Doļivo-Dobrovoļska, Rīgas Tehniskās universitātes Goda doktora, dzīves gājums un devums trīsfāžu maiņstrāvas sistēmas ieviešanā un trīsfāžu elektrisko mašīnu izveidē.

Atslēgas vārdi: Mihails Doļivo-Dobrovoļskis, trīsfāžu maiņstrāva, īsslēgtais rotors, trīsfāžu asinhronais dzinējs.

Pagājušogad, vienlaikus ar savu *Alma mater*, atzīmējām arī ievērojamā inženiera, Rīgas Politehnikuma studenta, Mihaila Doļivo-Dobrovoļska 150. dzimšanas dienu.

M. Doļivo-Dobrovoļskis elektrotehnikas vēsturē iegājis ar nozīmīgiem atklājumiem trīsfāžu maiņstrāvas jomā un nereti tiek dēvēts par trīsfāžu maiņstrāvas elektriskās sistēmas tēvu.



1.att. Mihails Doļivo-Dobrovoļskis

Mihails Osipovičs Doļivo-Dobrovoļskis dzimis Gatčinā, Krievijā, 1862. gada 2. janvārī bāreņu nama direktora ģimenē.

Mihails ir vecākais no deviņiem bērniem; jāatzīmē, ka vecāki izvēlas neierastu pieeju vārda došanā saviem bērniem – trīs māsām tiek dots vārds Olga, savukārt vārds Mihails tiek dots vēl vienam no brāļiem.

Bērību Mihails pavada Odesā, kur viņa tēvs Josifs Florovičs strādā par inspektoru meiteņu internātskolā un ir laikraksta „Pravda” redaktors. Diemžēl vecāku laulība 1880. gadā tiek šķirta un tēvs pārceļas uz dzīvi Maskavā, bet 19. gs. nogalē

emigrē uz Vāciju, apmetoties uz dzīvi aristokrātiskajā pilsētā Vīsbādēnē.

Sešpadsmitgadīgais Mihails pēc skolas beigšanas 1878. gadā tiek nosūtīts uz Rīgu, lai uzsāktu mācības Rīgas Politehnikuma Ķīmijas fakultātē, par ko *Album Academicum* liecina ieraksts ar kārtas numuru 1442, norādot, ka Doļivo-Dobrovoļskis studējis Rīgā no 1878. līdz 1881. gadam [1]. Rīgas Politehnikums tolaik tiek uzskatīts par vienu no labākajiem institūtiem reģionā, ar augstu zinātnisko rangu un ir iemantojis nevainojamu slavu. Mācības notiek vācu valodā, un tajā studē pārsvarā ārzemju studenti – galvenokārt poļi, vācieši un Baltijas guberņu iedzīvotāji [2].

Politisku apsvērumu vadīts, Mihails 1881. gadā ir spiests pārtraukt studijas Rīgas Politehnikumā un atgriežas Krievijā. Laika posms no 1881. līdz 1883. gadam vēsturnieku skatījumā ir pretrunīgs, jo nav viennozīmīgu ziņu par Mihaila gaitām Krievijā. Zināms, ka viņš kā brīvklaušitājs turpina apmeklēt ķīmijas lekcijas kādā no Sanktpēterburgai tuvumā esošajām augstskolām un paralēli sāk interesēties par elektroķīmisko efektu pielietošanu strāvas avotu izveidošanā.

Aizvien pieaugošo interesi par elektrotehniku apliecina fakts, ka 1881. gadā M. Doļivo-Dobrovoļskis izgudro bateriju, ar kuru ir darbināms durvju zvans un prezentē šo izgudrojumu nelielā elektrotehnikai veltītā izstādē Sanktpēterburgā, vēlāk arī izstādē Austrijā.

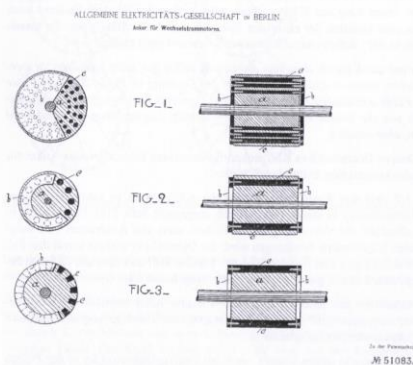
1883. gadā viņš emigrē uz Vāciju, Darmštati, lai padziļināti pievērstos elektrotehnikas studijām Darmštates Tehniskajā augstskolā, kurā tika izveidota tolaik pilnīgi jauna elektrotehnikas studiju programma. Programmas vadītājs bija pazīstamais fiziķis Erasmus Kitlers, kurš ātri vien novērtē savu talantīgo studentu un pēc divu gadu studijām 1885. gadā pieņem to par savu asistentu Elektrotehnikas institūtā. Tā 1885./1886. gadā Doļivo-Dobrovoļskis sāk lasīt lekcijas studentiem elektroķīmijā, pastiprināti pievērsties galvanoplastikai un metalurģijai, nostrādājot augstskolā vēl divus gadus.

Ķīmijas un fizikas studijas Rīgas Politehnikumā, apmeklētās lekcijas Krievijas universitātēs, kā arī divu gadu studijas Darmštates Tehniskajā augstskolā bija pietiekams pamats, lai 1887. gadā Mihails Doļivo-Dobrovoļskis pieņemtu piedāvājumu strādāt par elektroinženieri Vācijas uzņēmumā „Allgemeine Elektrizitaets-Gesellschaft”, kas mūsdienās pazīstams kā AEG. Sākotnēji uzņēmumā tiek ražotas kvēlspuldzes, instalācijas materiāli un dažādi motori.

Viens no pirmajiem M. Doļivo-Dobrovoļska uzdevumiem bija uzsākt akumulatoru ražošanu Akera ielas rūpnīcā, kā arī līdzstrāvas motoru izstrāde. Diemžēl AEG drīz vien pārtrauc akumulatoru ražošanu, jo kopā ar firmu „Siemens & Halske” 1890. gadā uzsāk sadarbību akumulatoru ražošanā ar uzņēmumu „Accumulatoren Fabrik AG” (AFA).

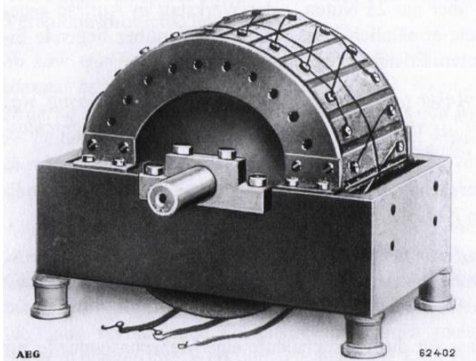
Savukārt M. Doļivo-Dobrovoļskis turpina iesāktu darbu pie līdzstrāvas motoru izstrādes un paralēli daudz interesējas par jaunumiem elektrotehnikas jomā pasaulē. Studējot zinātnisko literatūru, viņš uzzina par itāļu fiziķa Galileo Ferrāris un serbu fiziķa Nikolas Teslas paveikto maiņstrāvas jomā, kuri ir atklājuši daudzfāžu maiņstrāvas pozitīvās īpašības. Tā 1888. gadā, iedvesmojoties no abu iepriekšminēto fiziķu paveiktā, M. Doļivo-Dobrovoļskis uzsāk darbu pie trīs fāžu asinhronā dzinēja izveides, radot trīs fāžu īsslēgtā asinhronā dzinēja konstrukciju, kuru AEG 1889. gada 8. martā piesaka patentam [3, 106. lpp.].

Jau pirmie eksperimentālie izmēģinājumi pārspēja gaidīto. Šis maiņstrāvas dzinējs praksē apstiprina M. Doļivo-Dobrovoļska pieņēmumu, ka trīs fāžu maiņstrāva ir labāks risinājums rotējošā magnētiskā lauka radīšanai. Šo trīs fāžu maiņstrāvas sistēmu viņš nosauc par „rotējošo strāvu”, kuru mūsdienās dēvē par maiņstrāvu.



2. att. Nozīmīgā izgudrojuma – īsslēgtā rotora trīs varianti

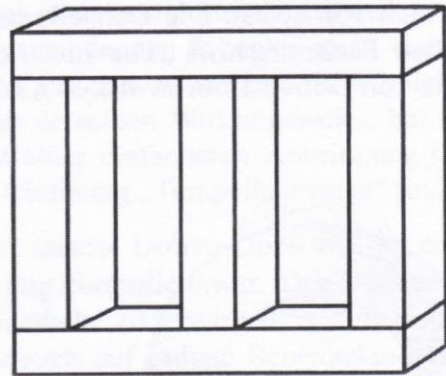
Rotora konstrukcijā Doļivo-Dobrovoļskis izmanto enkura tipa rotoru no tīras dzelzs, ar rievām un pa vienam vara stienim katrā rievā, kuri savā starpā savienoti ar biežām plāksnēm vai ar vara gredzenu. Skat. 2. un 3. attēlu, kur 2. attēlā sniegti Doļivo-Dobrovoļska īsslēgtā rotora trīs varianti, kā tie tika atspoguļoti patentā DRP 51083 – a) variantā: ar vairāklīmeņu slēgtiem stieņiem vāveres ratā; b) variantā: viena līmeņa slēgtie stieņi; c) variantā: vāveres riteņa stieņi atvērti rievās. Savukārt 3. attēlā redzams 1889. gadā „AEG” rūpnīcā izgatavotais pirmais eksperimentālais trīs fāžu elektrodzinējs.



3. att. Doļivo-Dobrovoļska pirmais trīs fāžu dzinējs ar īsslēgto rotoru (1889).

Turpinot iesāktu darbu pie trīs fāžu transformatoru izveides, M. Doļivo Dobrovoļskis izveido pirmo konceptuālo trīs fāžu

transformatora modeli – metāla serdeni, kuru veido radiāli izkārtoti ar ārējo un iekšējo gredzenu savienoti stieņi. Nedaudz vēlāk viņš modificē esošo konstrukciju, viena liela un viena maza dzelzs gredzena vietā ņemot divus vienādus un izvietojot stieņus nevis radiāli, bet gan kā šķautnes prizmai ar trim sānu skaldnēm. Šāda izvietojuma priekšrocība ir mazāk savienojošo elementu un vienkāršāka spoļu ierīkošana. Arī šo konstrukciju Doļivo-Dobrovoļskis laika gaitā uzlabo, piedāvājot magnētiskos stieņus novietot paralēli vienā plaknē, skat. 4. attēlu.



4. att. Trīs fāžu transformators ar magnētisko saķēdējumu un paralēli vienā plaknē izvietotiem stieņiem.

Šiem izgudrojumiem seko virkne citu – tiek izgudrots regulējams šķidrums reostats maiņstrāvas un līdzstrāvas elektromotoriem, maiņstrāvas fāžu nobīdes mērīšanas ierīce, vienfāzes un daudz fāžu maiņstrāvas mašīna, līdzstrāvas elektromotors u.c.

Jāatzīmē arī M. Doļivo-Dobrovoļska devums trīs fāžu maiņstrāvas termina izveidē. Doļivo-Dobrovoļska manuskriptos lasāms: „Strāva, kas ne tikai principiāli izskatās kā starpstāvoklis starp līdzstrāvu un maiņstrāvu, bet arī kombinē abu praktiskās priekšrocības, pēc mana priekšlikuma tiek apzīmēta par trīs fāžu maiņstrāvu.” [4, 77. lpp.]

Nozīmīgu pagrieziena punktu trīs fāžu maiņstrāvas pārvades attīstībā iezīmēja Starptautiskā Elektrotehnikas izstāde Frankfurtē pie Mainas, kurā 1891. gadā pirmo reizi vēsturē tika pārvadīta augstsprieguma maiņstrāva (15kV) 175 km garā posmā no Laufenes pie Nekāras līdz Frankfurtei pie Mainas. Pārvades iekārtā tika izmantota Doļivo-Dobrovoļska izgudrotā jaunā trīs fāžu sistēma, kura pirms tam tika pārbaudīta neskaitāmos eksperimentos. Sākotnēji tika izveidota 10 km gara eksperimentālā līnija, kas sastāvēja no uz izolatoriem nostiprinātiem neizolētiem vara vadiem, novietotiem uz stieņa ik pēc 25 m, ar minimālo attālumu starp vadiem 30 cm. Ar eļļu pildīts vienfāzes transformators paaugstināja maiņstrāvas mašīnas spaiļu spriegumu uz spriegumu līnijā no 10 kV līdz 30 kV, un līnijas galā „pazeminošais transformators” - samazināja spriegumu līdz kvēlspuldzes pieslēgspriegumam. Līdztekus galvenajiem izmēģinājumiem līnija tika pārbaudīta arī uz pielietojamību dažādos laika apstākļos, piem., iekārta tika apsmidzināta ar ūdeni no hidrantiem, tādējādi imitējot iekārtas darbību lietūs laikā un atspēkojot šaubas par tās praktisko pielietojamību.

Kā notika elektrības pārvade no Laufenes spēkstacijas līdz Frankfurtes izstāžu paviljonam? Kā enerģijas avots elektrības pārvadei no Laufenes tika izmantotas portlandcimenta rūpnīcā esošās ūdens turbīnas, kas darbināja 300 ZS dinamomašīnu - tolaik pirmo jebkad uzbūvēto trīsfāžu hidroģeneratoru, skat. 5.attēlu. Šim ģeneratoram bija jārada elektroenerģija ar spriegumu 50 V un 40 HZ frekvenci, tad to jāpārveido uz 15 kV un jānovada līdz Frankfurtei, lai tur to atkal pārveidotu un spētu nodrošināt ar elektroenerģiju M. Doļivo-Dobrovoļska izgudroto 100 ZS asinhrono dzinēju un vairākus maiņstrāvas dzinējus, kā arī ap 1000 kvēlspuldzes.

Ja elektrība no Laufenes veiksmīgi tiktu nogādāta līdz Frankfurtei, tad Frankfurtes izstāžu paviljona teritorijā būtu jāiedegas ielu apgaismojumam, kā arī jāsāk darboties izstāžu teritorijā uzbūvētajam mākslīgajam ūdenskritumam.



5. att. Laufenē uzstādītā trīsfāžu dinamomašīna.

1891. gada 25.augustā testa režīmā tika palaista elektroenerģijas pārvades līnija Laufene-Frankfurte, skat. 6. attēlu. Daļa Laufenes elektrostacijas pārvadītās elektroenerģijas tika izmantota Frankfurtes izstāžu centra teritorijas apgaismošanai un izstāžu centra dekorāciju, ar aptuveni tūkstoš kvēlspuldzēm, izgaismošanai. Taču lielākā daļa elektroenerģijas tika izmantota 100 ZS elektrodzinēja darbināšanai, kas bija paredzēts ūdens sūkņēšanai 10 metru augstajā mākslīgajā ūdenskritumā.

1891. gada 12. septembrī pasaulē pirmā maiņstrāvas pārvades elektrolīnija tika nodota ekspluatācijā ar pilnu jaudu. Par ko vēstures liecībās ir atrodams ieraksts: „...dzinējs sāka rotēt. Skatītājiem gavilējot, sāka šalkt ūdenskritums, apgaismojums iedegās pilnā mirdzumā... Nekāras ūdens spēks tika izmantots Frankfurtē pie Mainas, klātesošajiem par lielu pārsteigumu, to klusi un bez skaņas pārvadot pa trīs smalkām stieplēm.” [4, 112. lpp.]



6. att. Pirmās maiņstrāvas augstsprieguma elektropārvades līnijas attēlojums kartē.

Šis vēsturiskais notikums pielika punktu debatēm par piemērotāko enerģijas pārvades sistēmu nākotnē – līdzstrāvas

vai maiņstrāvas, un bija sākums jaunam tehnoloģiskam pagriezienam.

Pēc Frankfurtes izstādes panākumiem, „AEG” 1894. gadā Reinfeldē (Vācijā), uzsāka tolaik Eiropā pirmās lielākās hidroelektrostacijas celtniecību. Doļivo-Dobrovoļska uzraudzībā 1898. gadā tika veikta ģeneratoru montāža. Tika uzstādīti 20 ģeneratori, no tiem 10 – līdzstrāvas un 10 maiņstrāvas, ar kopējo jaudu 12000 kW, skat.7. attēlu. Šajā HES pirmo reizi lielos apmēros tika saražota gan trīsfāžu maiņstrāvas elektroenerģija ar frekvenci 50 Hz, ar kuru tika apgādāti patērētāji 20 km rādiusā, gan arī līdzstrāvas elektroenerģija, kuru piegādāja rūpniecības uzņēmumiem. Kopš tā laika trīsfāžu maiņstrāva ar frekvenci 50 Hz ir kļuvusi par Eiropas standartu.

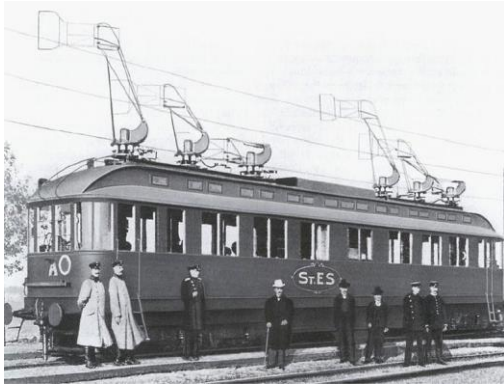


7.att. Pirmā trīsfāžu maiņstrāvas elektrostacija ar uzstādīto jaudu 12000kW.

M. Doļivo-Dobrovoļska panākumi tika pamanīti arī Krievijā. 1899. gada decembrī viņš uzstājās ar referātu Sanktpēterburgā pirmajā Viskrievijas elektrotehnikas kongresā un nolasīja lekciju par trīsfāžu maiņstrāvas attīstību. Kongresa laikā M. Doļivo-Dobrovoļskis tika informēts par plāniem Sanktpēterburgā dibināt politehnikumu, kura paspārnē darbotos arī Elektrotehnikas institūts. Ņemot vērā Doļivo-Dobrovoļska ievērojamo pieredzi gan Darmštates tehniskajā augstskolā, gan arī viņa zinātnisko darbību, Pēterburgas universitātes vadība lūdza viņa padomu tāda veida universitātes izveidē [5]. M. Doļivo-Dobrovoļskis piedalījās mācību plāna izstrādēs, laboratoriju un katedru ierīkošanā, kā arī uzdāvināja universitātei grāmatas no savas elektrotehnikas bibliotēkas. Izvērtējot paveikto, Sanktpēterburgas Politehnikuma vadība piedāvāja M. Doļivo-Dobrovoļskim ieņemt Elektrotehnikas institūta dekāna amatu. Sākotnēji Doļivo-Dobrovoļskis piekrita piedāvātajam amatam, taču vēlāk paziņoja, ka diemžēl spiests atteikties. Iemesli šādai rīcībai nav zināmi, iespējams, ka „AEG” nevēlējās zaudēt savu tik vērtīgo darbinieku un noraidīši izturējās pret izteikto piedāvājumu pieņemt dekāna amatu Sanktpēterburgas Politehnikumā. Savukārt Mihails Doļivo-Dobrovoļskis profesionālajā jomā bija atkarīgs no „AEG”, kuram piederēja gandrīz visi viņa patenti [5, 6].

Turpinot darbu Vācijā, 1901. gadā M. Doļivo-Dobrovoļska vadībā tika izstrādāts trīsfāžu maiņstrāvas elektrovilciens, kas sasniedza ātrumu 125km/h, skat. 8. attēlu. Savukārt 1903.

gadā ar Doļivo-Dobrovoļska atklāto trīsfāžu elektrisko maiņstrāvu tika aprīkota eksperimentālā ātrgaitas vilcienu izmēģinājumu trase. Divi konkurējošie uzņēmumi – „Siemens & Halske” un „AEG” – paziņoja savu nodomu – būvēt ar elektrību darbināmus ātrgaitas motorvagonus. Abus izmēģinājuma motorvagonus aprīkoja ar trīsfāžu dzinēju, un 1903. gada 28. oktobrī militārā dzelzceļa izmēģinājuma trases posmā Marienfelde-Cosene „AEG” ražotais motorvagona uzstādīja pasaules ātruma rekordu, sasniedzot 210,2 km/h. Šo rekordu izdevās pārspēt tikai pēc trīsdesmit gadiem.



8. att. Doļivo-Dobrovoļskis un viņa darbinieki pie trīsfāžu maiņstrāvas elektrovilcienu 1901. gadā.

Neskatoties uz šiem panākumiem, 1903. gada jūnijā „AEG” laikrakstā, daudziem par lielu pārsteigumu, tika publicēta ziņa, ka Mihails Doļivo-Dobrovoļskis atstāj „AEG” elektroinženiera amatu. Kopā ar ģimeni viņš pārcēlās uz Šveici, Lozannu, kur no 1903. līdz 1907. gadam turpināja darboties stiprās strāvas tehnikas jomā un nodoties zinātniskajam darbam.

1907. gadā, atgriezies Vācijā (Berlīnē), viņš turpināja darbu „AEG”, 1909. gadā kļūstot par „AEG” jaunās aparātu būves rūpnīcas Akera ielā tehnisko direktoru un nedaudz vēlāk par „AEG” valdes biedra vietnieku.

Šajā laikā Doļivo-Dobrovoļskis pastiprināti nodevās mērierīču pētījumiem un strādāja pie izgudrojumiem

maiņstrāvas-līdzstrāvas pārveidotāju jomā. Veselības problēmu dēļ 1919. gada maijā viņš pārtrauca darba attiecības ar „AEG” un kopā ar ģimeni devās uz Darmštati, kur plānoja atgūt veselību un ciešāk sadarboties ar Darmštates Tehnisko augstskolu. Diemžēl Doļivo-Dobrovoļskim neizdevās atgūties pēc pārciestās gripas un 1919. gada 15. novembrī 57 gadu vecumā viņš šķīrās no šīs pasaules.

Novērtējot zinātnieka izcilo devumu zinātnē un tehnoloģiju attīstībā, 1911. gada oktobrī, tuvojoties M. Doļivo-Dobrovoļska dzīves 50 gadu jubilejai, Darmštates tehniskā augstskola piešķīra viņam augstskolas Goda doktora nosaukumu. Savukārt 2012. gada oktobrī, atzīmējot Rīgas Tehniskās universitātes 150 gadu jubileju, Senāta svinīgajā sēdē, klātesot radniekam Francois Dolivo, M. Doļivo-Dobrovoļskim *post mortem* tika piešķirts Rīgas Tehniskās universitātes Goda biedra nosaukums.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Album Academicum Рижского Политехнического института. 1862 - 1912, Рига, 1912. 815 с.
- [2] Arkadiusz Janicki, Michal Laszczkowski, Ēriks Jēkabsons „Polentehnikum”, Polijas Republikas Kultūras un nacionālā mantojuma Ministrija, Kultūras mantojuma departaments, 2012, 198 lpp.
- [3] Kurt Jaeger, Friedrich Heilbronner „Lexikon der Elektrotechniker”, VDE Verlag GmbH, Berlin 2010, 524 lpp.
- [4] Gerhards Neidhēfers „Mihails Doļivo-Dobrovoļskis un trīsfāžu maiņstrāva”, RTU Izdevniecība, Rīga 2012, 304 lpp.
- [5] „Elektriskās mašīnas un elektriskā piedziņa 19. gadsimtā”, profesora Leonīda Ribicka apkopojums, RTU Izdevniecība, Rīga 2008, 199 lpp.
- [6] Gerhard Neidhoefer „Michael von Dolivo-Dobrovolsky und der Drehstrom”, VDE Verlag GmbH, Berlin 2008, 304 lpp.

Leonīds Ribickis, Full member of Latvian Academy of Sciences, Professor, Dr.habil.sc.ing., Rector of Riga Technical University. Scientific directions: power electronics, electrical engineering. He has more than 340 scientific publications including 15 scientific monographs and 18 text-books. Owner of 75 patents, including 2 US and 3 international patents. Leonids.ribickis@rtu.lv; Kaļķu 1-217, Rīga LV-1658

Inese Džarcāne, mag.sc.soc., Head of Rector's Office, Riga Technical university. Inese.dzarcane@rtu.lv, Kaļķu 1-217, Rīga LV-1658

Leonīds Ribickis, Inese Džarcāne. 150th Anniversary of Electrical Engineer Mikhail Dolivo-Dobrovolsky – Inventor of the Three-Phase Alternating Current.

The globally known engineer and inventor Mikhail Dolivo-Dobrovolsky studied chemistry at the Riga Polytechnicum for 3 years. Later, he went to Germany and worked for AEG company. During that time, he has invented and constructed the first three-phase alternating current generator with rotating magnet field capacity of 2.2 kW. During the World Electrotechnical Exhibition in Frankfurt, in 1891, for the first time ever he demonstrated transfer of three-phase electric power on long distances. The demonstration of the effectiveness of three-phase power marked the end of discussions about most suitable currents. This invention marked a significant turning point in the history of technology and was one of the most important events in the history of electricity.

Леонид Рыбицкий, Инесе Джарцане. Михаилу Доливо-Добровольскому, изобретателю трехфазного переменного тока – 150.

Известный во всем мире инженер и изобретатель Михаил Доливо-Добровольский изучал химию в Рижском Политехникуме в течение 3 лет. Позже он уехал в Германию и работал для компании АЕГ. В это время он изобрел и построил первый трехфазный генератор с вращающимся магнитным полем переменного тока мощностью 2,2 кВт. Во время Первой всемирной электротехнической выставки во Франкфурте в 1891 году он впервые показал передачу трехфазного тока на большие расстояния. Демонстрация эффективности трехфазного тока положила конец дискуссии о наиболее подходящих токах. Это изобретение стало значимым поворотным пунктом в истории техники и было одним из самых важных событий в истории электричества.