

## 160. výročí Siemensovy dvojité T-kotvy v dynamoelektrických strojích

JAN MIKEŠ, MARCELA EFMERTOVÁ

**160th Anniversary of the Siemens Double-T Anchor in Dynamo-electric Machines.** During the 1870s and 1880s electrotechnology grew to be a major component of the industrialization processes in the second stage of the industrial revolution. As an independent scientific discipline it proved to be one of the first branches that established their own industry independent of traditions. The electrotechnological industry began to influence other manufacturing branches and, retroactively, its own research as well. New developments emerged primarily thanks to the simple and reliable electric rotating (dynamo-electric) machines that offered multiple applications and which grew to be competitors to the universal driving steam engines. Initially, the new machines were developed solely as sources of lighting.

**Keywords:** Ernst Werner von Siemens • history of electrotechnology • the dynamo-electric principle • dynamo • electromagnet

Elektrotechnika se v průběhu 70. a 80. letech 19. století stala důležitou součástí industrializačních procesů druhé fáze průmyslové revoluce.<sup>1</sup> Jako samostatná vědecká disciplína byla jedním z prvních oborů, které si vytvořily svůj průmysl nezávislý na tradici. Elektrotechnický průmysl začal ovlivňovat ostatní výrobní obory a zpětně svůj výzkum. V této době probíhalo intenzivní zkoumání způsobu přenosu elektrické energie na velké vzdálenosti. Vývoj nastal především kvůli mnohostranně využitelným, jednoduchým a spolehlivým elektrickým točivým (dynamoelektrickým) strojům, které se staly konkurenty univerzálního hnacího parního stroje a které byly zpočátku vyvíjeny jen jako zdroje pro osvětlování.

Vynálezci elektrických točivých strojů navázali na poznatky z 30. let 19. století. V roce 1845 získal Charles Wheatstone (1802–1875) patent na magnetoelektrický stroj s cizím buzením. Roku 1856 se Ernst Werner von Siemens (1816–1892, von 1888)<sup>2</sup> stal objevitelem *dynamoelektrického principu*. Sestrojil dynamo s vlastním

<sup>1</sup> W. J. KING. The development of electrical technology in the 19th century. Part 1: The electrochemical cell and the electromagnet. *Bulletin of the United States National Museum*, 228, 1962, s. 231–271.

<sup>2</sup> W. FELDENKIRCHEN (ed). *Werner von Siemens. Recollections*. Munich/Zurich, 2008.

buzením, ve kterém použil k vytvoření magnetického pole kolem otáčejících se části, T-kotvy, elektromagnetů a nikoli permanentních magnetů. E. Werner Siemens tak uvedl v život elektrický generátor s dvojitým T indukčním vinutím (později označovaný jako Siemensova kotva).<sup>3</sup> Byl první, kdo chytré umístil vinutí do drážek. Tento vynález představuje zásadní zlom v konstrukci elektrických strojů. Všechny předchozí návrhy zmizely z trhu během následujících několika desetiletí. V současnosti většina elektromotorů je stavěna s vinutím v drážkách. V roce 1856 Siemens vyrobil kolem 50 takových zařízení pro bavorské železnice.

*Wer. Siemens užil k induktoru válce z měkkého železa, který po délce se stran opatřil dvěma žlábkami, tak že válec obdržel průřez dvojitého T, drážky podélné spojil na obou čelech drážkami příčnými.*

*Do tak upravené drážky, jež se po délce válce kol kolem táhne, jest mnohonásobně otočen drát hedbávim ovinutý, až jest drážka do válce vyplněna. Do válce upravený induktor, dle něbož se stroje, jím opatřené, nazývají válcovými, vložil Siemens mezi póly magnetů tak, že musily býti se strany (dovnitř) vybrány, aby se válcový navodič mezi nimi mohl otáčeti. Tím docílil dvojího účele, předně se válec pohybuje těsně mezi póly, jsa jimi částečně obklopen, čímž se získávají velmi účinné, elektrické proudy, po té se málo objemným válcem elektrické proudy rychle střídají a proto jsou stejnoměrné.*

*Čím více dožadovány silnější elektrické proudy, tím více jevila se potřeba silných magnetů, konečně ale nebylo lze urobiť magnety dosti silné a určité velikosti, tak že bylo nutno obrátiti se po jiném zdroji, po elektro-magnetech, které připovídaly výsledkům lepších.<sup>4</sup>*

Tyto první stroje byly navrženy tak, aby byly využity i pro telegrafy, dávaly jim vstupní impulsy. Byly ovládány ručně a neposkytovaly kontinuální elektrickou energii. O rok později, roku 1857, objevili současně Werner Siemens a Charles Wheatstone, že dynamo je schopné samobuzení remanentním magnetismem magnetického obvodu.

V roce 1866 byl Siemensem vyroben dynamoelektrický stroj.<sup>5</sup> O rok později Werner von Siemens připravil svou studii o transformaci mechanické energie na elektrický proud bez použití permanentních magnetů. Přednášku na toto téma před Pruskou akademií věd přednesl Siemensův přítel Heinrich Gustav Magnus dne 17. ledna 1867.<sup>6</sup> V roce 1875 začal Werner Siemens vývoj motoru

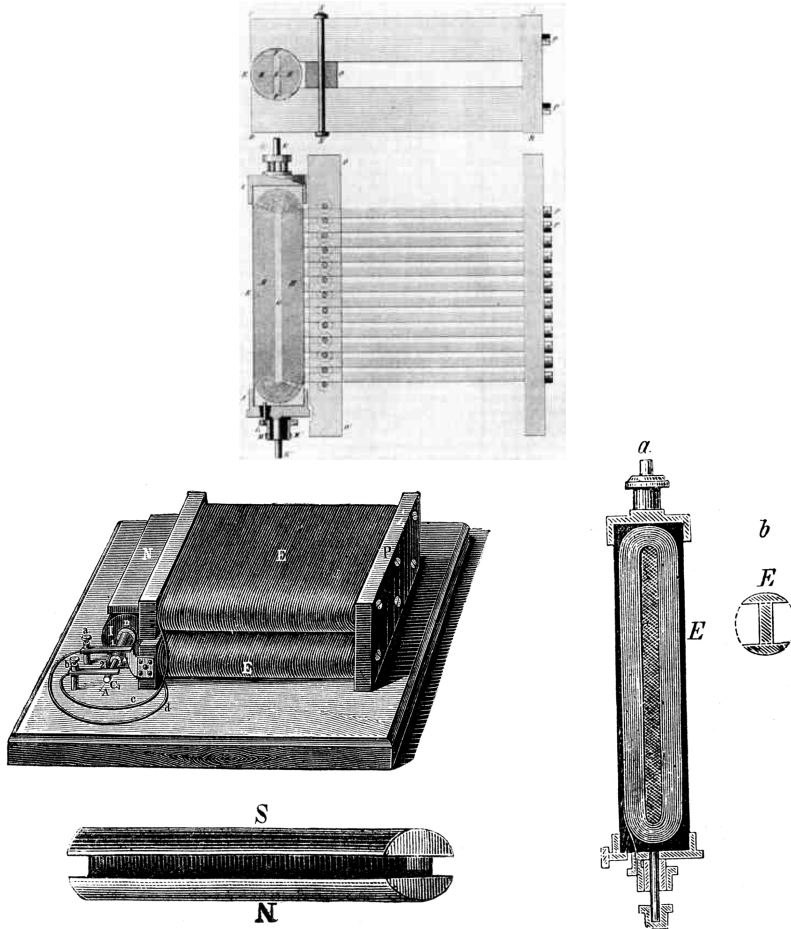
<sup>3</sup> Poggendorffs *Annalen der Physik* 101,185, Taf. II. A. IMHOF. Die ersten Elektromotoren. *Bulletin des SEV Elektrotechnik*, 70, 1979, 23, s. 1241–1246.

<sup>4</sup> A. VEČEŘ. *Průvodce elektrotechnikou*. Praha, I. L. Kober, 1896–1897. 1. sv., s. 71.

<sup>5</sup> F. WATKINS. On Magneto-electric Induction. In *Philosophical Magazine and Journal of Science*. London – Edinburgh, Vol. 7, August 1835, s. 107–113.

<sup>6</sup> [http://www.siemens.com/history/en/news/1057\\_dynamoelectric\\_principles.htm](http://www.siemens.com/history/en/news/1057_dynamoelectric_principles.htm), citováno on-line 1. 4. 2016.

kotvy bubnu tak, že zabalil vodič okolo ukotvení válcového tvaru. To zlepšilo kotevní zařízení dvojitého T, které mohlo produkovat stejnosměrné napětí bez pulsů, které byly zjištěny v roce 1871. V roce 1875 dále snížil problém vířivých proudů pomocí vázacích drátů, namísto pevného železa pro magnetické jádro.<sup>7</sup>



Siemensova dvojitá T-kotva.

*Poggendorffs Annalen der Physik* 101, 1857. Taf. II. A. v. URBANITZKY. *Die Elektrizität im Dienste der Menschheit: eine populäre Darstellung der magnetischen und elektrischen Naturkräfte und ihrer praktischen Anwendungen*. Wien – Pest – Leipzig, A. Hartleben's Verlag, 1885, a A. VEČER. *Průvodce elektrotechnikou*. Praha, I. L. Kober, 1896–1897. 1. sv..

<sup>7</sup> M. H. JACOBI. *Mémoire sur l'Application de l'Électro-Magnétisme au Mouvement des Machines*. Potsdam, Spring, 1835.

Vývoj dynamoelektrických strojů byl rychlý.<sup>8</sup> Kolem roku 1870 sestrojil Zénobe Théophile Gramme (1826–1901) dynamo, které dávalo dostatečně silný stejnosměrný proud, využitelný například k osvětlení různých dílen, textilek, cukrovarů a strojů obloukovkou a později žárovkou. Spolu se zdokonalením další části elektrických točivých strojů, mezi které patřil vynález bubnové kotvy a zdokonalení komutátoru, byla koncem 70. let 19. století koncepce dynamoelektrických strojů dotvořena. Dynamo mohlo být nejen zdrojem elektrického proudu, když se mu dodávala mechanická práce, ale i elektrickým motorem, byl-li do něj přiváděn proud. Dynamo tak mohlo být využito i v železniční dopravě. Werner Siemens na berlínské průmyslové výstavě roku 1879 předvedl malou elektrickou lokomotivu o výkonu 2,2 kW. Otevřel tak na počátku 80. let 19. století cestu ke stavbám pouličních i meziměstských elektrických drah.

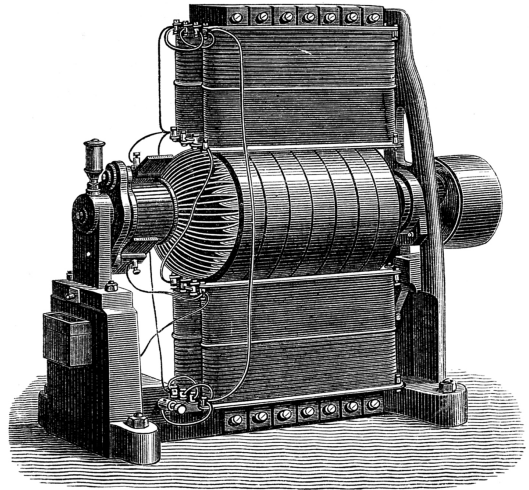
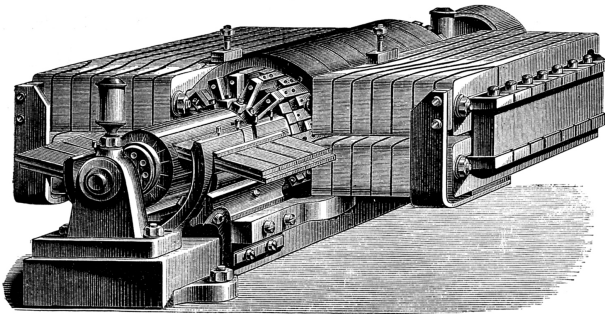
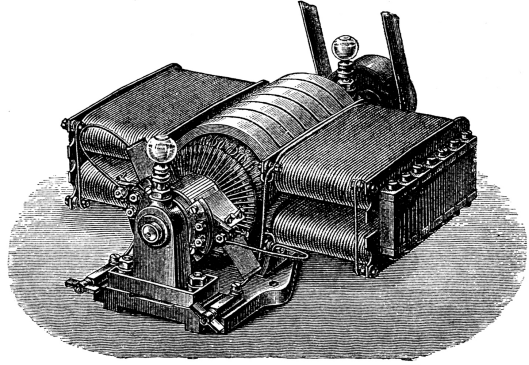
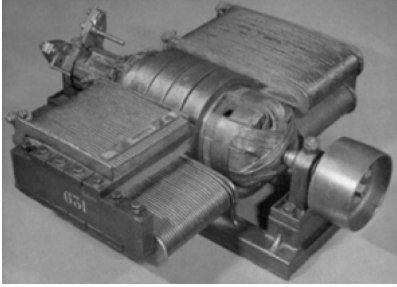
## Summary

The inventors of electric rotating machines linked up to findings made in the 1830s. In 1856 Ernst Werner von Siemens (1816–1892, von 1888) discovered the *dynamo-electric principle*. He built a self-excitation dynamo using electromagnets, and not permanent magnets, for the generation of a magnetic field around the rotating parts of T-anchor. Thanks to improvements in other parts of the electric rotating machine, including the invention of the drum armature and improvement of the commutator, the concept of dynamo-electric machines was completed by the end of the 1870s. The dynamo was not only a source of electric current, when cranked by hand, but could also serve as an electric motor, when current was fed into it.

Author's address:  
Fakulta elektrotechnická ČVUT  
Zikova 2, Praha 6

---

<sup>8</sup> F. L. POPE. The Inventors of the electric motor. *The Electrical Engineer*, Vol. XI, 1891, No. 140, s. 1–5 und No. 141, s. 33–39.



Siemensova bubnová kotva z roku 1872 (model). Fotografie ze Science Museum, London.  
A. v. URBANITZKY. *Die Elektrizität im Dienste der Menschheit: eine populäre Darstellung der magnetischen und elektrischen Naturkräfte und ihrer praktischen Anwendungen.* Wien, Pest, Leipzig, A. Hartleben's Verlag, 1885. s. 417–418.