

Rozhledy matematicko-fyzikální

František Jáchim

Nikola Tesla (1856–1943) – průkopník střídavého proudu

Rozhledy matematicko-fyzikální, Vol. 97 (2022), No. 2, 41–48

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/151076>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2022

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.

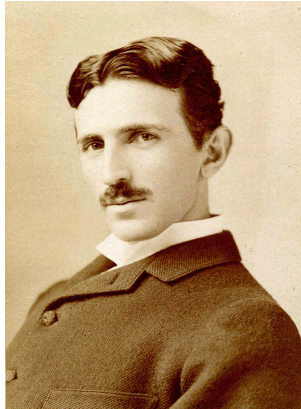


This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ*:
The Czech Digital Mathematics Library <http://dml.cz>

Nikola Tesla (1856–1943) – průkopník střídavého proudu

František Jáchim, Základní škola Dukelská, Strakonice

Pomníky významných lidí mohou být různé. Jsou jimi sochy na náměstích, pamětní desky na domech, skvostné náhrobky i pouhé připomenutí názvem ulic. Pestrost těchto artefaktů je větší u astronomů, matematiků, fyziků a techniků, jakoby i tímto měla být podtržena jejich tvořivost a důvtip. Setkáme se s nimi např. ve jménech kráterů na Měsíci nebo v názvech planetek či komet. Když se Tesla stal již váženým a známým, zeptal se ho mladý novinář, možná trochu netaktně, proč on po tak velkých zásluhách ještě nemá pomník. Tesla mu odpověděl: „Každý sloup dálkového vedení vysokého napětí je jedním z pomníků mé práce. Spočítejte si je.“ Popíšeme, proč tato odpověď není vůbec od věci.



Obr. 1: Nikola Tesla (1856–1943)

Čtenář jistě ví, že každý vodič klade elektrickému proudu odpor, a je-li hodně dlouhý, energie vložená na začátek vedení dojde na jeho konec s určitými ztrátami, nebo při velké délce nedojde téměř vůbec. Ztráty ve vedení jsou úměrné druhé mocnině proudu, tzn., že s rostoucím proudem se zvětšují velmi rychle. Jelikož první elektrifikace probíhala stejnosměrným proudem při napětí stejném u zdroje jako u spotřebitele, musely

být zdroje – elektrárny – velmi blízko místa spotřeby. To byla cesta Thomase Alvy Edisona, který ztrátu ve vedení minimalizoval tím, že zdroj (dynamo) byl od spotřebitele vzdálen nejvýše v řádu několika kilometrů. Tesla byl již od mládí posedlý touhou vyrobit motor (nebo generátor) na střídavý proud. Jen střídavé napětí je možné transformovat na velmi vysoké napětí, nebo naopak na nízké napětí, a je tudíž vhodné pro dálkový přenos elektrické energie. Jestliže Tesla dokázal střídavé napětí vyrobit, mohly se podstatně zvětšovat vzdálenosti mezi místem výroby a místem spotřeby na stovky kilometrů.

Cesta za elektřinou

Nikola Tesla se narodil 10. června 1856 v srbském městečku Smiljanu na úpatí hory Velebitu (obr. 1). Jeho otec byl pravoslavný kněz a přál si, aby se syn také stal duchovním. Nikola po absolvování nižší realky přešel na vyšší stupeň do Karlovcu a tam složil maturitu. Ta měla být prvním stupněm ke kněžství. Těžké onemocnění syna cholerou ale obměkčilo otce natolik, že na Nikolových teologických studiích netrval a dovolil mu zabývat se tím, co ho zajímalo, a to byla elektřina. Roku 1875 tedy mladý Tesla začal studovat na Joanneum Polytechnik v Štýrském Hradci a tam na fyzikálních přednáškách Jacoba Poeschla zřejmě poprvé uviděl motor na stejnosměrný proud. Takový motor měl komutátor, jímž se pravidelně měnila polarita vstupujícího proudu, avšak v místě dotyku kartáčků bylo slyšet i vidět silné jiskření. Patrně v této době Tesla začal uvažovat o motoru bez komutátoru, který by nejiskřil, musel by však být napájen střídavým proudem. Profesor jej přesvědčoval o nemožnosti sestrojení takového motoru, což na Teslu naštěstí nezapůsobilo. Tesla byl od mládí velice tvrdohlavý a dokázal pracovat s velkým úsilím. Jeho vnitřní motivace byla obdivuhodná. Se stejným nadšením, s jakým získával fyzikální poznatky, četl filozofické spisy a s neobyčejnou pečlivostí přečetl např. dílo Voltairovo. Mohl číst německy, francouzsky, anglicky i italsky. Proto čtenáře může velmi překvapit pronikavá změna Teslova přístupu ke studiu. Po dvou letech začal vést bohémský život a školu opustil. Našel si práci v jakési technické dílně v Mariboru.

Tam jeho zájem o elektřinu nebyl uspokojen a po změně životního postoje ke studiu se rozhodl ve studiích pokračovat, a proto ho v akademickém roce 1879/80 najdeme v seznamu studentů filozofické fakulty pražské Karlo-Ferdinandovy univerzity. Zapsal si přednášky z elektrotechniky, matematiky a filozofie. Tentokrát mu nechyběla píle, zato peníze, pro jejichž nedostatek mohl studovat pouze jeden rok. Pak, aby

se nějak uživil, odešel do Budapešti pracovat pro telefonní společnost vedenou bratry Puskasovými, z nichž jeden byl Edisonovým přítelem. Myšlenka na střídavý motor ho stále provázela. Zde se patrně u něj zrodil nápad místo cívky otáčející se v magnetickém poli, vytvořit naopak otáčivé magnetické pole ve statoru motoru. Stále ale nevěděl jak.

Paříž, Amerika

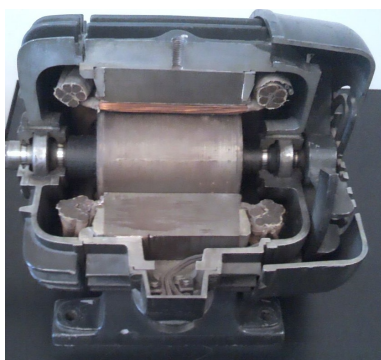
Další školou života pro Teslu byl pobyt v Paříži od roku 1882. Jeho život dostal nový rytmus, začínající každé ráno uplavením 27 bazénů a pěší cestou do dílen Charlese Batcheora, jakéhosi technického vyslance Alvy Edisona v Evropě, řídícího zde ve společnosti Sociétés Electricque Edison výrobu dynam a celého sortimentu součástek pro budování elektráren a rozvodných sítí. Zde Tesla dokonale poznal technickou i obchodní strategii Edisonova monopolu, ale současně – a to bylo pro jeho další práci rozhodující – limity ve využívání stejnosměrného proudu. Když byl v roce 1883 poslán do Štrasburku, aby dohlédl na rekonstrukci elektrárny, sestrojil tam první vícefázový motor. Jelikož o něj nikdo neměl zájem, Tesla se rozhodl, že zkusí štěstí přímo u Edisona, což znamenalo vydat se do Ameriky.



Obr. 2: Ve své laboratoři v New Yorku

Na její břehy vstoupil 6. června 1884, čtyři dny před svými 28. narozeninami. Začal pracovat v Edison Machine Works v New Yorku jako projektant stejnosměrných motorů. Když podal patent na termomagnetický motor, poháněný ohříváním a ochlazováním magnetů, právník a technik Alfred Brown mu zařídil vlastní laboratoř pro vývoj tohoto motoru (obr. 2), Tesla v ní ale dále pracoval na vývoji motoru střídavého.

Roku 1885 přišel Teslův objev točivého magnetického pole a v návaznosti na Faradayovy objevy elektromagnetické indukce tam vyrobil již technicky dokonalý a použitelný dvoufázový motor. Přivedením oddělených střídavých proudů vytvořil rotující magnetické pole (instalací dvou párů cívek postavených kolmo na sebe) indukčně strhávající kotvu rotoru (obr. 3). Když Tesla roku 1888 pronesl přednášku o principu tohoto motoru pro Americký institut inženýrů, začal se o motor zajímat průmyslník a vynálezce vlakové průběžné vzduchové brzdy Georg Westinghouse a motor upravil pro frekvenci střídavého proudu 60 Hz. Nezapomněl Teslovy patenty koupit.



Obr. 3: Řez Teslovým dvoufázovým motorem

Zdroj střídavého napětí i motor na toto napětí mohly být od sebe vzdáleny velmi daleko. Tesla věděl, že jen střídavé napětí lze transformovat, proto může být celkový příkon přenášen vysokým napětím a malým proudem, tedy s minimálními ztrátami. V tom viděl velkou budoucnost výstavby velkých rozvodných sítí. Střídavý proud se ukázal jako perspektivní již na světové výstavě roku 1893 v Chicagu, která byla osvětlena bezpočtem žárovek napájených z jediné elektrárny. Avšak vrcholným kouskem té doby bylo vybudování elektrárny pod Niagarskými vodopády s rozvedem elektrické sítě do 43 kilometrů vzdáleného Buffala. Nápad a projekt byl Teslův, provedení Westinghousovo.

Tesla si s Edisonem moc nerozuměl. Přesněji řečeno, Edison si Tesly moc nevážil, jediné uznání, které mu poskytl, bylo po Teslově opravě dynamu na parníku, který se bez elektřiny nemohl na řece Hudson pohnout z místa. Edison neuznával možnost využívat střídavé napětí, považoval

svoji soustavu za naprosto dokonalou a ve vysokém napětí viděl i potenciální nebezpečí pro život lidí.

Když Tesla Edisonovy dílny opustil, zaujal pozici jeho konkurenta, a to velmi těžkého. Jakkoli se perspektiva využití střídavého proudu jevila slibná, Edisonovi se ale nemohl vyrovnat podnikatelskými ani obchodními dovednostmi, ač se o to velmi snažil. Založil nejprve společnost zabývající se obloukovými lampami Tesla Arc Light Company a v roce 1887 firmu Tesla Electric Company v New Yorku. Z těchto společností byl nakonec vytlačen a zůstal nejen bez vlivu na jejich chod, nýbrž i bez finančních prostředků. Konkurence vůči Edisonovi byla zprostředkována právě G. Westinghousem, který se dobře vyznal nejen ve věcech technických, ale i podnikatelských.

Letitá nevraživost mezi Teslou a Edisonem se projevila i v roce 1912, v němž byli oba navrženi na Nobelovu cenu. Tesla nominaci odmítl přijmout, nemohl se smířit s tím, že by se s velkým soupeřem o cenu dělil.

Přenos na dálku

Zajímavé jsou i Teslovy pokusy o bezdrátový přenos energie. Když začal pracovat se střídavým proudem (tehdy o frekvenci 60 Hz, kterou pro aplikace zavedl Westinghouse), položil si otázku, jak by se chovaly elektrické obvody s vysokofrekvenčními proudy (např. 10 000 Hz). Předpokláděl, že vysokofrekvenční proudy mohou být využity v lékařství, radio-telegrafii i při bezdrátovém přenosu elektrické energie. Vysokofrekvenční proudy získával pomocí transformátoru, v jehož sekundárním obvodu byla kombinace cívky, kondenzátoru a jiskřiště. Takto uzpůsobený transformátor se dnes nazývá Teslův, lze jím ukázat celou řadu zajímavých jevů – např. bezdotykové rozsvícení zářivky. Jen pro zajímavost uvádíme, že vysokofrekvenční proud prochází zejména v blízkosti povrchu vodiče, je proto výhodné vést ho trubičkou místo plným vodičem. Zabýval se myšlenkou přenášet bezdrátově elektrickou energii pomocí vysokého napětí a vysokofrekvenčního proudu.



Obr. 4: Na československé známce z roku 1959 je mj. i Teslův vysokofrekvenční transformátor

FYZIKA

V roce 1895 byla jeho laboratoř zničena požárem, Tesla ji obnovil a započal pokusy s bezdrátovou telegrafií. Nedaleko New Yorku postavil vysílací věž vysokou 57 metrů, jejíž vysílací dosah byl kolem 35 kilometrů (obr. 5). V Coloradu se pokusil s vysílačem o výkonu 200 kW a dosahem 1 000 kilometrů o přenos elektrické energie – podařilo se mu vzdáleně rozsvítit 200 žárovek.



Obr. 5: Teslova vysílací stanice na Long Islandu v USA s vysílací věží vysokou 57 metrů určená pro přenos radiového vysílání i silové elektřiny, její výkon byl 1 500 kW

V roce 1898 předvedl radiem ovládanou lodičku na hladině bazénu v chicagském obchodním klubu. Když se dověděl o Marconioho úspěšných pokusech s telegrafií, tuto oblast opustil.

Turbína bez lopatek

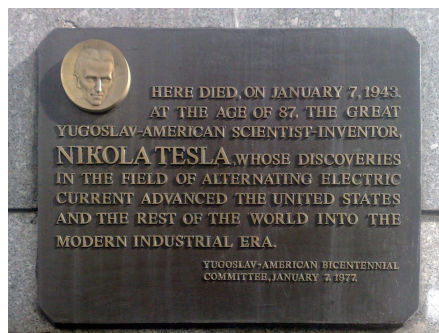
Po jedné z depresí, jimiž občas trpěl, obrátil svoje úsilí ke konstrukci plynové turbíny bez lopatek. Uvažoval zhruba takto: Jako rotující magnetické pole strhávalo rotor střídavého motoru, mohla pára obdobně táhnout řadu tenkých, na sobě složených disků na hřídeli prostřednictvím viskózních sil vyvolávajících napětí ve smyku. Jejich velikost by závisela na rychlosti toku tekutiny, což předpokládalo rotaci s frekvencí 10 000 otáček za minutu. Nepodařilo se mu ale nikoho přesvědčit o investici do přípravných pokusů. Sám si však dal patentovat rychloměr pracující na uvedeném principu.

Podivín

Připomeňme ještě některé zvláštnosti Teslovy osobnosti. Jeho osudové spojení s elektřinou bylo prý dáno již tím, že se narodil o půlnoci za silné bouřky s bezpočtem blesků. Ve věku tří let poznal poprvé statickou elektřinu, když při hlazení domácího kocoura to u Teslových rukou zapraskalo a přeskočilo pár jisker. Za pobytu v Paříži trpěl silnými halucinacemi, při nichž viděl kolem sebe mnoho plamenů. Velmi dobře slyšel. Dokonce ho rušil tikot hodin, a to i velmi vzdálených. Měl rád číslo tři. Jak jsme již uvedli, v Paříži začínal den zapláváním 27 bazénů, pak počítal kroky do dílny – dělal jich tolik, aby jejich počet byl dělitelný třemi. V hotelu vždy bydlel v poschodí dělitelném třemi.

Přestože byl v kontaktu s velmi zámožnými lidmi, kteří mu občas poskytovali zálohy na výzkum (např. J. P. Morgan mu umožnil investovat 150 000 dolarů do bezdrátové elektřiny), Tesla velice rychle dary od sponzorů utratil a často se ocital úplně bez prostředků. Ve světě kapitálu se vůbec neorientoval a nikdy tam nic neznamenal. Takovéto situace u něj vyvolávaly stavy hlubokých depresí. Nakonec dlužil i za hotelové pokoje.

Poslední léta života Tesla žil v osamění. V roce 1939 byl na newyorských ulicích sražen autem a od té doby se jeho životním prostorem stal hotelový dvoupokoj v třiatřicátém poschodí (pověřivost na dělitelnost třemi!) hotelu New Yorker na Manhattanu. Zde se utěšoval svojí zálibou v pozorování holubů. Do svého hotelového pokoje si nosil zraněné holuby a pokoušel se je uzdravit. Zvláště si oblíbil bílou holubici přilétající každodenně na parapet jeho okna. Traduje se, že uhynula v den Teslovy smrti – 8. ledna 1943.



Obr. 6: Pamětní deska na hotelu New Yorker v New Yorku, kde Tesla zemřel

FYZIKA

Rodná země na velkého vynálezce nezapomněla. V Bělehradě můžeme navštívit Teslovo muzeum, v němž kromě četných exponátů a dokumentů je uložena i pozlacená urna s Teslovým popelem.



Obr. 7: Pomník Nikoly Tesly v Záhřebu



Obr. 8: Stefan Milkov (sochař) a Jiří Trojan (architekt): Pomník Nikoly Tesly v Praze 6 – Dejvicích, ulice Nikoly Tesly. Odhaleno 4. září 2014.

Literatura

- [1] Mayer, D.: *Pohledy do minulosti elektrotechniky*. Kopp, České Budějovice, 2004.
- [2] Kraus, I.: Nikola Tesla ze Smiljanu pod Velebitem. *Čs. čas. fyz.*, 51 (2001), s. 133–137.
- [3] Carlson, W. B.: Vynálezce snů. *Scientific American – české vydání*, 1 (1998), s. 95–102.