

# Z historie kabelů

redakce Elektro

Rozvod elektrické energie vysokého i nízkého napětí kabely je dnes již více než sto let zcela běžný. Bez kabelů si elektrotechniku vlastně ani nelze představit. Kabely a kabelová technika jsou nervovou soustavou mnoha elektrotechnických oborů – energetiky, instalační a sdělovací techniky, telefonie a mnoha dalších.

Kabel jako technický prvek se však nezrodil náhle, ale až po několikaletém období využívání elektrické energie. Například ještě v roce 1882, při zavedení elektřiny do městského divadla v Brně, byly pro rozvod elektrické energie zvoleny holé vodiče uložené v dřevěných žlábcích.

Za vznik kabelu moderního typu vděčíme Švýcarsku. Zde měla v roce 1870 společnost Val de Travers Asphalt Pasing Co.



Obr. 1. Pokládka distribučního kabelu (20. léta dvacátého století)

asfaltové doly. Vytěžený asfalt se používal zejména k výrobě papírových trubek s asfaltovou vrstvou.

Ředitel továrny Franz Borel záhy poznal elektroizolační schopnost asfaltu a pokusil se zhotovit izolovaný vodič. Obalil měděnou žílu asfaltem, který chránil páskem ocelového plechu, spirálovitě navinutým na obalenou žílu. Tvar tohoto kabelu byl tedy podobný dnešnímu, ale kabel byl málo trvanlivý – asfalt na vzduchu vysychal, křehl a opadával. Mimoto i výroba takového kabelu byla zdoluhavá a pracná.

Při své cestě do Itálie navštívil Borel i zříceniny Pompejí u Neapole. V roce 79 př. n. l. byly Pompeje zničeny výbuchem sopky Vesuv. Ve zříceninách Borel viděl, že předměty chráněné obalem z olova jsou bezvadně zachovány, přestože byly více než osmnáct století pohřbeny v zemi. Ihned pojal úmysl použít olovo jako ochranu kabelů proti působení vnějších vlivů. Doplnil proto asfalt směsí pryskyřice s olejem, na niž pod tlakem nanesl v lisu olovo. Tak byl roku 1879 zhotov-

ven první kabel určený pro distribuci elektřiny, jenž mohl být uložen v zemi a přitom zůstal dosti vláčný pro navinutí na buben a dopravu.

Zpočátku však byly kabely používány pouze pro potřeby signalizace, zejména v telegrafii a později telefonii (první telefon, Graham Bell, 1877). I Borelův olověný kabel byl použit jako telefonní – v roce 1880 byl bez jakéhokoliv pancíře položen na dno Neuchatelského jezera ve Švýcarsku. Zde bez jediné poruchy fungoval až do roku 1928, kdy již nedostačoval počet žil.

V silnoproudé elektrotechnice byl kabel poprvé použit v roce 1881 na světové výstavě v Paříži. Zde jím byl rozváděn proud do Jabložkovových svíček. To byla první oblouková lampa, která svítila, lépe řečeno hořela, bez obsluhy téměř jednu hodinu.

První městská kabelová distribuční síť byla položena v roce 1882 v Lausanne u Ženevy ve Švýcarsku.

V roce 1886 byl vyroben první kabel pro vysoké napětí, a to pro 600 V, pro elektrickou dráhu ve Vevey-Montreux, opět ve Švýcarsku. Tyto kabely spolehlivě fungovaly více než padesát let!

Koncem devatenáctého století již velmi prudce vzrostl počet kabelových elektroinstalací ve světě a přenos elektrické energie s využitím kabelů se stále zdokonaloval. V první polovině dvacátého století byl ve Francii uveden do provozu kabel pro napájení Paříže – pro přenos 220 tisíc V, schopný trvale přenášet výkon až 160 tisíc kW.

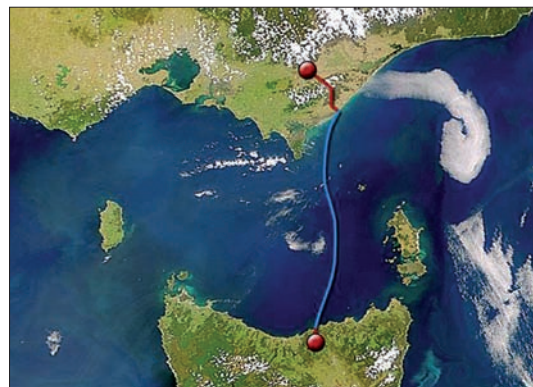
Současný podmořský kabel pro vedení silnoproudé elektřiny největší délky vede z Tasmánie do Austrálie (obr. 2). Bassův průliv mezi oběma břehy překonává v hloubce 70 m pod hladinou. Délka podmořského úseku činí 290 km. Použitý spojovací kabel Basslink umožňuje poslat z Tasmánie do státu Victoria v Austrálii až 600 MW elektrické energie. Kabel je pouze dvou vodičový, jeho tloušťka je 15 cm a pro přenos energie využívá vysokonapětový stejnosměrný proud (HVDC).

## Podmořské kabely

Právě v této době si můžeme připomenout 150. výročí kompletní transatlantického telegrafního kabelu. Z tohoto časového údaje je zřejmé, nakolik byla důležitá rychlá výměna informací již v polovině století páry. Realizace této potřeby byla rychlejší než postup americké transkontinentální železnice. Ta

spojila břehy Pacifiku a Atlantiku až poté, co pod dnem Atlantického oceánu svištěly telegrafické depeše. Elektřina předběhla páru, ale cesta k tomuto úspěchu nebyla snadná.

Samotná myšlenka transatlantického telegrafního spojení vznikla krátce poté, co roku 1839 William Cooke a Charles Wheatstone zavedli v USA svůj telegraf fungující i v praxi. Již v roce 1840 se k ní přihlásil i Samuel Morse a vzpruhu dostala o deset let později,



Obr. 2. Bassův průliv mezi Tasmánií a Austrálií protíná silnoproudý kabel délky 290 km



Obr. 3. Parník Great Eastern – tahač kabelu, ale i Verneovo Plovoucí město

když byl zprovozněn podmořský telegrafní kabel mezi Francií a Anglií. Nicméně spiritus agens celého projektu, americký inženýr Cyrus Field, se do věci vložil až roku 1853. První pokus z roku 1857, kdy britská vláda půjčila loď Agamemnon a Niagara, aby se po cestě z Irska a New Foundlandu setkaly

uprostřed oceánu, selhal z důvodu přetržení kabelu. O rok později v červnu lodě pro změnu vyrazily ze středu Atlantiku od sebe, ale opět se kabel přetrhl. Vyšel až třetí pokus – 29. července 1858 kabel konečně „chodil“. Následovala výměna ctihodných depeší mezi královnou Viktorií a prezidentem Buchanem i oslavná střelba v New Yorku. Nikdo nepřipomínal, že na začátku projektu prošlo schválení jeho financování v Kongresu o jediný hlas. Natolik byl silný tlak anglofobních senátorů – vzdýt uběhlo teprve čtyřicet let od poslední války s mateřskou zemí bývalé kolonie Britské koruny.

Položení transatlantického telegrafního kabelu ovšem byla zcela specifická zakázka, a to jak z technického, tak strategického hlediska. Přenosová rychlost tohoto kabelu byla 25 slov za hodinu. Ale už v září téhož roku, po odeslání pouhých čtyř set telegramů, spojení zkolabovalo. Na vině bylo příliš vysoké elektrické napětí, které mělo umožnit dosáhnout větší přenosové kapacity.

Následovalo zklamání, pomluvy a spekulace o podvodu. Teprve roku 1864 se podařilo shromáždit kapitál na obnovení projektu. Pro jeho realizaci byl vybrán parník *Great Eastern* (obr. 3), veledílo své doby, přesto byly zapotřebí dva pokusy. Při prvním z nich (1865) se kabel po položení necelých dvou tisíc kilometrů opět přetrhl. Při druhém pokusu o rok později dorazil *Great Eastern* z Irsku do New Foundlandu bez problémů a za

pouhé dva týdny. Dne 27. července 1866 za husté mlhy přistál v zátocce Trinity; celý transatlantický kabel byl nazíř propojen a Američané si mohli přečíst první depeši z Evropy: „*Byla podepsána mírová smlouva mezi Pruskem a Rakouskem.*“ Šlo o celosvětovou tečku za bitvou u Sadové, jejíž výročí jsme si připomněli počátkem letošního července. Takto se i české dějiny zapsaly do historie transatlantického kabelu.

Přenosová rychlost kabelu oproti jeho prvnímu období fungování vzrostla na osm slov za minutu. Spojení bylo komerční a jeho cena se pohybovala okolo 100 USD za dvacet slov.

Prvním **telefonním podvodním kabelovým spojem** se v roce 1884 stal spoj ze San Franciska do Oaklandu v USA. Výrazný pokrok přinesly až v polovině dvacátého století kabely nové generace s elektronickými zesilovači používající tzv. frekvenční multiplex. Kapacita kabelu TAT-1 (Transatlantic No. 1), spuštěného roku 1956, byla současně přenášejících 36 nezávislých hovorů, vysílaných na různých frekvencích. Poslední měděný transatlantický kabel TAT-7, položený na dno v roce 1978, vykazoval kapacitu 4 000 telefonních kanálů, která později vzrostla až na 10 500 kanálů.

Další transatlantický spoj TAT-8 z roku 1988 již využíval optická vlákna. Jeho kapacita byla až 280 Mbit/s (až 40 000 telefonních kanálů). Předtím, v roce 1984, byl realizován

první optický spoj na menší vzdálenost (Belgie a Velká Británie).

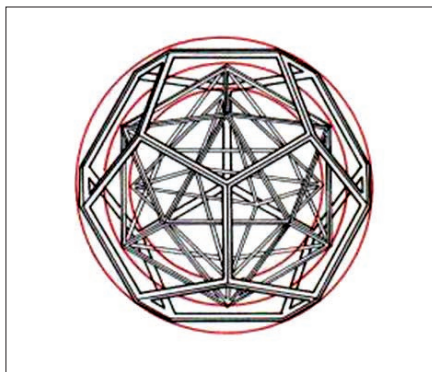
Pokládání kabelů na dna oceánů a moří je náročný proces, vyžadující lodě se speciálním vybavením. Trasa, kudy má kabel vést, je pro maximalizaci ochrany položeného kabelu nejprve pečlivě zmapována. S využitím zmapované trasy se určuje typ kabelu, jaký se kde použije (s vyšším nebo nižším stupněm ochrany). Délka spojů může dosahovat desítek až stovek kilometrů. Ovšem celistvý optický kabel takové délky nelze zajistit. Proto se kabely napojují, a to přímo na palubách pokládacích lodí. Na takovéto vzdálenosti se také projevuje značný útlum signálu. Proto se na trasy optických kabelů zhruba každých 50 až 100 km „přivazují“ tzv. opakovače, díky kterým se signál znovu posílí. Tyto opakovače jsou napájeny z vedení uvnitř kabelu (někdy i 5 000 V stejnosměrného napětí). Opakovače na kabelu tvoří jakousi bouli, jejíž délka je přibližně 2,5 m a průměr 50 cm. Pro omezení rizika přetržení kabelu při mechanickém namáhání se kabely pokládají s mírným zvlněním.

Ve velkých hloubkách se kabel většinou pokládá přímo na mořské dno, v takovém případě trvá položení 100 km kabelu zhruba 24 hodin. V rizikovějších oblastech, kde je hloubka menší a hrozí jejich poškození, např. kotvami lodí nebo hloubkovým rybolovem, bývá kabel pokládán do rýhy hloubky 1 až 3,5 m. Tu hloubí pokládací loď vlečnou radlicí. V tom případě se však položí pouze 10 až 30 km kabelu denně.

# Dějiny přírodních věd v českých zemích (15. část)

## Johannes Kepler – dílo

Keplerovo nejplodnější badatelské období – mezi roky 1600 a 1612 – je spojeno s pobytem v Praze. Ve svých pracích se zabýval astronomií, matematikou, mechanikou, krystalografií, optikou a astrologií. Za pražského pobytu Kepler vyřešil mnoho astronomických problémů a vytvořil zde také většinu svých nejdůležitějších vědeckých prací. Snažil se dokázat, že vzdálenost planet od Slunce



Obr. 1. Soustava polyhedronů, konvexních a hvězdicovitých mnohoúhelníků, jako možný model vesmíru

je možné vyjádřit jako poloměry polokoulí, které jsou postupně vepsány či opsány pravidelným tělesům (polyhedronům – konvexní a hvězdicovité mnohoúhelníky; obr. 1).

Kepler hledal jednoduché matematické vztahy, podle nichž jsou uspořádána všechna vesmírná tělesa i veškeré jevy v přírodě. Tato Keplerova snaha poznamenala celé jeho životní dílo.

Základní Keplerův přínos spočívá v tom, že hledal fyzikální, nikoliv jen formální vysvětlení zákonů planetární soustavy. Vycházel při tom z názoru, že ve Slunci, jako v největším tělese soustavy, je hybná síla celé soustavy.

### Keplerovy zákony nebeské mechaniky

Na základě mnoha systematických výpočtů dospěl Kepler roku 1605 k formulaci dvou svých zákonů planetárních drah. První zákon vystihuje tvar planetárních drah: planetární dráhy jsou elipsy, v jejichž jednom ohnisku je Slunce (obr. 2). Druhý zákon, dnes běžně označovaný jako zákon ploch, vypovídá o nerovnoměrném pohybu planet po elipse:

plochy opsané průvodičem planety ze stejný čas jsou stejné.

Kepler tyto zákony publikoval ve spisu „*Astronomia nova*“ v roce 1609. Teprve později ve spisu *Harmonices mundi – Harmonie světů* (1619) publikoval třetí zákon, který postihuje vztahy mezi střední vzdáleností planet od Slunce a jejich dobou oběhu. Zákony jsou popisné a neodpovídají na otázku „proč?“. Na tu našel odpověď až později Isaak Newton (1643–1727, Anglie).

**1. Keplerův zákon.** Planety obíhají okolo Slunce, takže geocentrická představa nebeské mechaniky již není možná. Trajektorie je elipsa, takže se planety pravidelně vzdalují a přibližují k Slunci. Planety ale nemají dráhu příliš výstřednou (kromě Pluta), takže v prvním přiblížení lze uvažovat, že se pohybují po kružnici. Pravděpodobnost, že by se určité těleso pohybovalo okolo Slunce po kružnici, je téměř nulová, protože taková dráha je nestabilní. Každé vychýlení ji změní na elipsu. Zákon je základem pro odvození zákonů zachování energie a hybnosti.