

Ferdinand Pietsch

O přenášení energie do dálky. [III.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 40 (1911), No. 4, 523--538

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/124037>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1911

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



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

O přenášení energie do dálky.

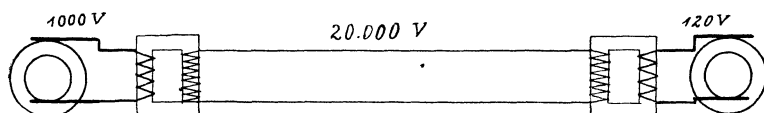
Napsal prof. Dr. F. Pietsch.

(Pokračování.)

Nyní můžeme vrátiti se k původnímu našemu problému převedení energie. Úspěšnému převedení vadila hlavně ta okolnost, že nebylo lze libovolně zvýšiti napjetí ku docílení nízké intensity a tím i tenkého vodiče.

Při použití proudu střídavého mohu napjetí transformací uvésti na libovolnou výši a intenzitu tím snížit. Převedení provede se tudíž následovně:

Na jedné straně postavíme generator na střídavý (viz obr. 1.)



Obr. 1.

proud, poháněný jakýmkoli motorem, dávající ku př. 1000 V a 120 A . Tento proud povedeme do silného primárního vinutí transformatoru, z jehož sekundárního vinutí tenkého vyjde energie ve formě proudu o napjetí ku př. 20.000 V a asi 6 A . Tento proud lze nyní pomocí dosti tenkého vodiče převésti na druhou stranu; jelikož není možné užiti vysoce napjatého proudu v místě spotřeby, vedeme tento proud do tenkého vinutí druhého transformatoru, z jehož silného vinutí vychází proud ku př. o obyčejném napjetí 120 V a intenzitě kolem 1000 A . Tato čísla jsou ovšem jen okrouhlá bez ohledu na ztrátu ve vedení i v transformatorech. Ve skutečnosti nebude již součin Volt-Amper týž. O převedení energie stejnosměrným proudem pokoušel se již v letech 1882/83 Marcel Deprez ve Vizille na Romanche převáděje proud stejnosměrný v 3000 V napjetí na vzdálenost 22 km do Grenoble. V roce 1886 bylo převedeno 116 k. s. na dálku 15 km z Paříže do Creil. Při převedení však se objevily

takové ztráty, že se na druhou stranu dostalo pouze kolem 52 k. s., tedy pouhých 45 %.

Ač tímto pokusem nebyla ještě racionelnost převedení proudem dokázána, přísluší mu přece zásluha, že ukázal elektrotechnikům správnou cestu užívaje napjetí vysokého až 8000 V.

Až dosavad užíváme také stejnosměrného proudu ku převedení na vzdálenosti ne příliš značné.

Jelikož z jednoho dynama bychom dostali proud o příliš ještě nízkém napjetí, spojíme několik dynam jako články za sebou a tím zvýšíme napjetí. Tak ku příkladu při 8 dynamech za sebou spojených můžeme napjetí zvýšiti na 14.400 V nebo 10ti dynamy na 22.000 V. Krajní dynama jsou ovšem v nebezpečí krátkého spojení zemí i nutno je pečlivě izolovati. Nicméně při větší dálce nad 25 km nutno použití střídavého proudu.

Již po pokusech Marcel Deprezových počala elektřina vytlačovati dosavadní systémy převáděcí.

Ku převádění sloužil 1) stlačený vzduch, 2) voda, 3) lanové převody.

Při prvním způsobu se vzduch kompressory tlačí na 5 až 15 *Atm* a vede se potrubím na místo spotřeby, kdež žene motor.

V druhém případě tlačí se voda motorem do reservoiru, z kterého se rozvádí do motorů, jež svým tlakem pohání.

Také lana po kladkách se pohybujícího se užívalo ku přenášení síly, než jen na malé vzdálenosti.

Elektřina počala vytlačovati tyto prostředky, neboť se ukazovalo, že jest oekonomičtější. Tak převedeme-li ku př. 217 k. s. na dálku 5,5 km stlačeným vzduchem, dostaneme na druhé straně jen 100 k. s., tudíž jen 46 %. Elektřinou v témž případě převedeme 150 k. s., tedy 69%. Při tom jsme na vedení připustili ztrátu 15%. Zařízení celé bylo by mimo to lacinější. Konkurence elektřiny byla tím snazší, o čím větší dálku se jednalo.

Mezitím vynalezením proudu střídavého připravovala se půda k dokonalému převedení energie. Rok 1891 znamená epochu v elektrotechnice, neboť toho roku byl proveden skvělý důkaz,

že lze střídavým proudem na velikou vzdálenost (170 *km*) převést značnou část energie (75⁰/_o), a zároveň byla prokázána užitečnost třífázového proudu, jehož používání se od té doby po celém světě rychle rozšiřovalo. Doufám, že čtenáře budou zajímat některé detaily tohoto velkolepého experimentu.

V roce 1891 pořádána byla výstava ve Frankfurtě; i pojali elektrotechnici úmysl při této příležitosti převést část vodní síly řeky Neckaru u Lauffenu až na výstavu pomocí třífázového proudu na dálku 170 *km*. To znamená asi poloviční cestu z Prahy do Vídně. Jako každá nová věc, zdál se i tento podnik příliš odvážným, i odborníci někteří sami zrazovali od provedení prokujíce, že nedostane se na druhou stranu více než 12⁰/_o. Rovněž i jiné překážky kladli se v cestu, obavy telegrafních úřadů před poruchami od vysoce napjatého proudu, obtíže finanční, nesnáze s politickými úřady. Nicméně vše překonáno a obnosem 700.000 marek umožněno provedení, jež korunováno úspěchem neočekávaným.

Řeka Neckar valí své vody při spádu 3,8 *m* dávajíc průměrně 42 *m*³ vody. To odpovídá $\frac{3,8 \cdot 42.000}{75} = 2.130$ k. s.

Turbinami by se dalo využítovati 75%, tedy 1596 k. s. Ze čtyř turbin, jež tam byly v pohonu, bylo jedné turbiny použito k pohánění generatoru na třífázový proud. Turbína mohla nejvýše dávat 356 k. s., stačila tudíž ku pohánění generatoru, jenž mohl dávat 210 *KW*. Z něho vycházel proud třífázový o frekvenci 40 a napjetí 55 *V*.

Tento proud vedl se do transformátorů, kdež ztransformován nahoru v poměru 1 : 160, takže jeho napjetí obnášelo kolem 8600 *V*. Tento vysoce napjatý proud, jehož intenzita byla v témž poměru nižší, veden byl třemi dráty, jichž celková délka byla 530 *km*. 3182 tyčí 8 *m* vysokých, asi 60 *m* od sebe vzdálených, neslo na 8 izolátorech, tvořících rovnostranný trojúhelník o straně 1,8 *m*, tři dráty o celkové váze 60.000 *kg*. K vůli dokonalejší izolaci byly opatřeny izolátory uvnitř žlábků s olejem. Tento proud veden byl do několika transformátorů, kdež ztransformován dolů v poměru 1 : 123 maje napjetí as 65 *V*. Polovička proudu užita byla na pohon asi 1000 žárovek, jež tvořily na štítě ohromný

nápis: „Lauffener Kraftübertragung“. Druhé polovice užito bylo ku pohonu motoru, pomocí něhož udržován byl veliký vodopád o 10 m spádu.

Zajisté bylo velmi účelné ukázati zde celý kruhový proces. Na začátku byla padající voda, jež v pohyb uváděla turbiny; a táž síla vodní přenesená na ohromnou dálku tvořila opět vodopád vracející se v původní formu.

Návštěvníci obdivující ohnivý nápis stěží mohli uvěřiti, že jen třemi tenkými dráty se z nesmírné dálky tak ohromná síla přenáší, že by bylo nutno pod kotly parních strojů tutéž práci dávajících spáliti 1 metr. cent uhlí za hodinu.

Ku stanovení oekonomičnosti celého podniku sešla se komise sestávající z věhlasných inženýrů, která podrobně zjistila všechny ztráty při vedení vznikající. Provedena byla celá řada zkoušek, při kterých různý počet koňských sil převáděn a pokaždé zjištěno, kolik se dostalo na druhou stranu. Uvedeme aspoň jedné výsledky.

Turbi- na k. s.	Ztráta v dyn.	Z dyn. vych.	Ztráta v trans- form.	Vychází z trans- formátoru	Ztráta ve ve- dení	Zvede- ní vy- chází	Ztráta v trans- form.	Z trans- form. vy- chází
191	13	177,8	7,7	170,1	21,8	148,3	6,0	142,3

Tedy vychází konečně 142,3 k s., což značí 74,6%. Takovýchto zkoušek provedeno více a zjištěna průměrná výkonnost kol 75%.

Ke konci dály se pokusy na zvýšení napjetí. Frekvence proudu snížena na 24, napjetí zvýšeno na 14.000 V až i na 25.000 V a přeneseno tím způsobem 180 k. s. opět s velmi dobrým výsledkem, neboť opět 75% energie se dostalo na místo spotřeby.

Po tomto skvělém úspěchu rozšiřovalo se přenášení energie a současně užití třífázového proudu po celém světě.

Dnes užíváme ku převádění proudu i stejnosměrného i střídavého. U stejnosměrného dlužno spojití několik dynam za sebou

ku docílení většího napjetí, jak už dříve jsme uvedli. U generatorů na střídavý proud lze však direktně z dynamy bráti vysoce napjatý proud 6000 *V*, ba jsou i případy, kdy ze stroje vychází 13.000 *V*. Takovéto generatory stavějí se na výkonnosti na 1000 *KW*. Tento proud lze tedy vésti direktně do vedení, nepřesahuje-li délka 25 *km*, a jenom na místě spotřeby ho ztransformovati dolů na 1000 *V* nebo jiné potřebné napjetí nižší.

Jedná-li se o větší dálky, pak stavíme generatory na 3000 *V* a transformátorem zvýšíme napjetí na potřebnou hodnotu dle délky, na kterou vedeme. V r. 1893 bylo sestrojeno transformátoru na 10.000 *V* něco neobyčejného, deset let potom bez obtíží se již sestrojovaly transformatory na 60.000 *V*.

Dnes transformuje se v Evropě obyčejně na 20.000 až 30.000 *V*, často také na 50.000 až 60.000 *V*.

V Americe je několik vedení pro napjetí 100.000 *V* a General Electric Co. pomýšlí dokonce na 150.000 *V*. Transformatory nutno ovšem pečlivě izolovati, což se děje nejlépe olejem, a mimo to nutno je pak chladit, což se děje buď proudem vzduchu nebo vodou.

Při tak vysokých napjetích nutno dbáti dobré izolace, jinak se může snadno proud vybíjeti ve formě oblouku. Užívá se často skleněných izolátorů, jež nasazeny jsou na dubové paraffinované tyči, jež zaražena teprve do sloupu. Také na řadě pod sebou visících izolátorů upevňuje se drát převáděcí. Vodiče nutno dávat dosti daleko od sebe, aby vzájemná indukce byla nepatrná.

Nicméně vznikají při těchto střídavých proudcích různé obtíže, jež souvisí jednak se samoindukcí, jednak s kapacitou vodiče, jež u tak dlouhých vodičů bývá značná.

Kapacita závisí na povrchu vodiče a má ten následek, že při každém impulsu proudovém musí se celý vodič nabít, než může z jeho konce energie vycházeti. Při vlhkém počasí zvyšují i izolatory kapacitu proudovodu a pak je vliv kapacity ještě patrnější; toto statické nabíjení znamená určitou ztrátu energie a pozorovalo se již při převodu Lauffen-Frankfurt. Při větších nepadá však tato ztráta energie na váhu, neboť výkonnost roste se čtvercem poloměru, kdežto kapacita jsouc závislá na povrchu jen s poloměrem.

Nepříjemné jsou zjevy vznikající následkem kapacity i samoindukce při vypnutí nebo zapnutí proudu. Vzniká ve vedení vlnění elektrické, jež může při určité frekvenci proudu dosáhnouti maxima způsobující zvýšení napjetí až na dvojnásobnou hodnotu. Jest to zjev resonance elektrické.

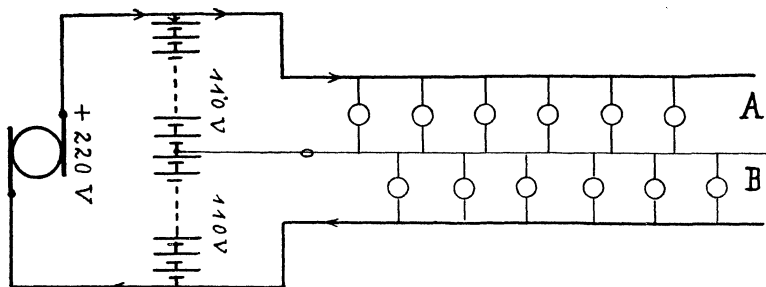
Zajímavý je pohled na dráty, jimiž vysoce napiatý proud prochází v noci; jsou obaleny září podobně jako dráty při pokusech s Teslovými proudy.

S převáděním energie elektrické jest nerozlučně spojeno rozvádění energie po určitém okrsku. I v tomto případě jest energie elektrická nenahraditelná. Žádným jiným prostředkem nemohu rozdělit práci tak snadno na libovolná quanta jako elektřinou. Pohání-li se v továrně jediným strojem řada ku př. obráběcích strojů, tu děje se to pomocí řemenů a kol na dlouhých hřídelích se otáčejících; i když stroj některý zastavíme, musí se stále všechny hřídele otáčeti stravující tím značnou část práce. Pomocí elektřiny dá se věc daleko oekonomičtěji zařídit. Místo řemenů a kol na hřídeli, jež veliké místo zaujmají, mohu velmi snadno ke každému stroji umístiti motor nezačínající mnoho místa, k němuž sílu přivádím dvěma tenkými dráty. Stojí-li některé stroje, tu motor nedostává proud a ne-spotřebuje se tudíž téměř žádná práce; generátor motory napájející pracuje sice nejlépe při plném zatížení, ale i při menším zatížení je ještě jeho účinnost značná. Tím spíše uplatní se elektřina při rozvádění po větším okrsku, jako jsou města, okresy a pod. Pak nelze ani jiného prostředku použítí.

Rozvádění se provádí jednak pomocí stejnosměrného proudu, jednak proudem střídavým; často se oba proudy kombinují. Majíť oba své výhody i nevýhody.

U stejnosměrného proudu je výhodná ta okolnost, že můžeme zjednatí si zásobu energie nabitím batterie akumulátorů, čímž zjednáme větší spolehlivost pohonu. Ve Vídni jest ve středu města umístěna batterie akumulátorů o tak značné kapacitě, že v případě poruchy jest schopna udržeti veškery tramway v činnosti po dobu 3 hodin. Pomocí takovéto rezervy lze také oekonomičtěji zařídit práci v centrále, neboť spotřeba proudu se v dobách denních značně mění; v dobu největší spo-

třeby ku př. v 9 hod. večer pomáhají akumulátory dynamům, v noci však, když spotřeba jest již malá, obstarávají akumulátory celou spotřebu samy, takže stroje nemusí běžet; ráno pak se opět batterie akumulátorů nabíjí. (Viz obr. 2.)



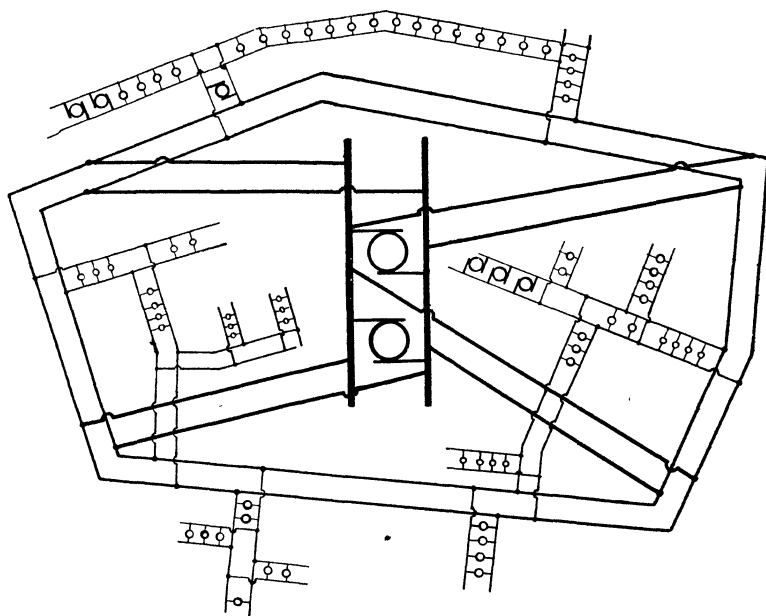
Obr. 2.

U centrál se střídavým proudem je nutno i v případě nejmenší potřeby hnáti stroj, jehož zastavení má ovšem za následek zastavení všech motorů, jakož i shasnutí všech světel v městě. Střídavé proudy mají však jiné výhody, zejména onu snadnou přeměnu na různé napětí, tak že rozvádění se může díti tenšími dráty při vysokém napětí. Co je výhodnější, lze určit jen místními poměry. Nejčastěji se oba proudy kombinují.

Nastíním nyní stručně, jak se asi rozvádění děje. Principem rozvádění jest rozvětvení proudu, jež nám umožňuje kdekoli odebíratí proud bez přímého vlivu na spotřebu v drátech sousedních. Obr. 3. nám značí okrsek města, v jehož středu jest centrála. Dynamoelektrické stroje pracují vedle sebe spojeny do společných silných sběracích kolejí; z těch odvětvují se na čtyři strany napájecí silné dráty připojené k vlastní síti, jež jde po hlavním obvodu města, opatřujíc všechna místa kolem proudem. Hlavním účelem je dovésti udržeti i v nejdlehlších částech okrsku normální napětí, což se dá provésti jen přibližně.

Často se dá užití i trojného rozvětvení (obr. 2.), kdež prostřední vodič je zatížen jen nepatrným proudem a může tudíž býti značně tenký. Při tom ovšem musí býti postaráno o rovnoměrné rozdělení proudu v partiích A a B.

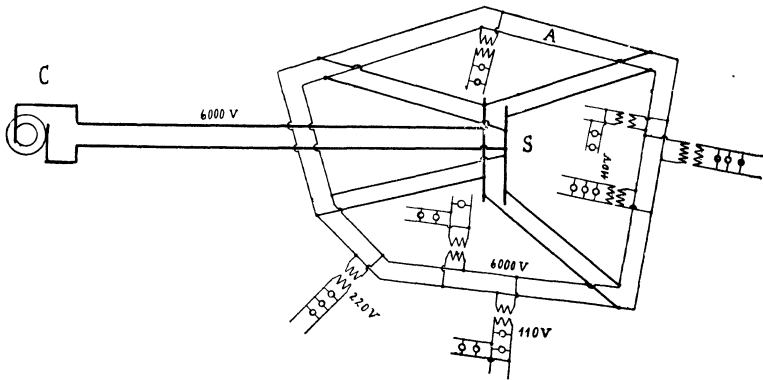
U střídavého proudu děje se rozvádění rovněž rozvětvo-
váním, nicméně výhoda spočívá v tom, že lze užití při rozvá-
dění vysokého napětí a centrálu není třeba stavěti uprostřed
okrsku, nýbrž mimo, což je ovšem zejména u velkých měst vý-
hodno, kde pozemky jsou drahé. Jelikož konsumentům nelze
dodávati nebezpečný proud o vysokém napětí, nutno pak proud
před použitím transformovati. To lze provésti buď několika vel-
kými transformátory nebo celou řadou malých transformátorů,
jež mohou býti umístěny ve sklepě každého domu.



Obr. 3.

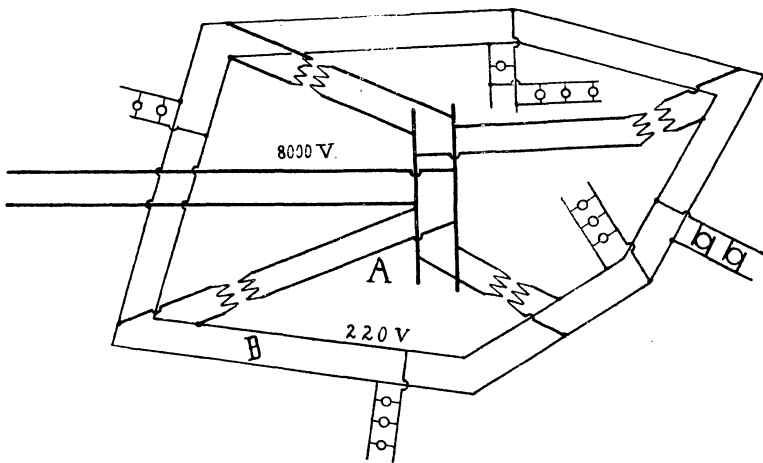
Obr. 4. nám ukazuje síť rozvodnou s malými transformá-
tory. Z centrály *C*, jež leží mimo město, vede se proud direktně
z generátoru o napětí ku př. 6000 *V* do subcentrály *S*. Odtud
rozvětjuje se do rozváděcí sítě *A*, na kterou pak připojeny jsou
malé transformátory, pro každého konsumenta, jimiž se mění na
užívané napětí 110 *V* a 220 *V*. Druhý případ vidíme na obr. 5.

Proud o vysokém napětí 8000 V vede se do subcentrály, rozvádí do sítě *A*, z níž pomocí několika transformátorů se napájí



Obr. 4.

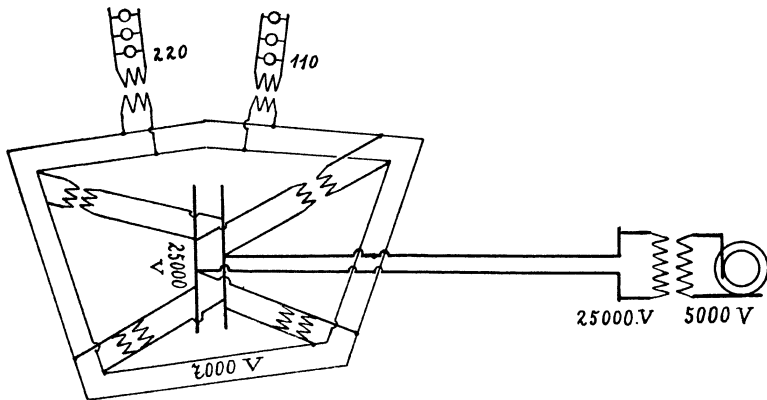
sít *B*, v níž jest užíváné napětí buď 110 nebo 220 V, ke které pak přímo se připojují konsumenti.



Obr. 5.

Je-li centrála značně daleko od města, pak nutno použití několikeré transformace, obr. 6. Z centrály vede se transformo-

vaný proud o 25.000 V do subcentrály, rozvede se do čtyř transformátorů, jež napájejí síť o 7000 V; k té síti pak teprve připojeny jsou transformátory, jež dodávají níže napjatý proud konsumentům.



Obr. 6.

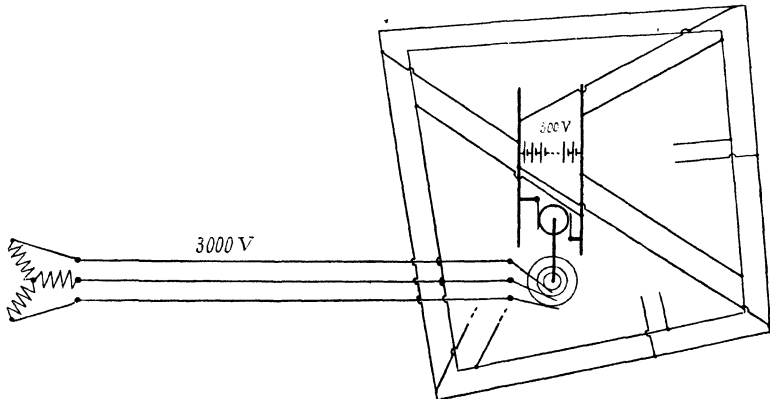
Jelikož k některým účelům, jako ku př. pro svícení obloukovkami nebo k pohonu tramwayí, je výhodnější proud stejnosměrný, tu kombinují se oba proudy tak, že v subcentrále se postaví agregát sestávající ku př. z třífázového motoru, pohánějícího dynamo vyrábějící stejnosměrný proud. Dynamo pracuje pak do rozváděcích kolejí jsouc paralelně spojeno s baterií akumulátorů, jak patrně z obr. 7. Takovému soustrojí říká se rotující transformátor.

Tím nastínili jsme stručně, nemohouce se do podrobností pouštět, dnešní stav rozvádění i přivádění energie.

Uvažme ještě hospodářský význam této možnosti přenášení energií z velkých dálek.

Když vynalezen byl parní stroj a po všech zemích se počaly šířiti sítě železniční, byly šmahem opouštěny vodní síly stranou komunikace ležící a továrny raději používaly k pohonu dražšího uhlí než laciné vodní síly, jen když byly v blízkosti dopravních prostředků.

Jakmile se dokázala možnost sílu převáděti, nastal obrat. Opuštěné řeky a vodopády počaly opět oživovati, nastala nová doba, čelící k využitkování vodních sil. Otázka využitkování vodních sil jest tak úzce spjata s použitím elektriny, že pokládám za vhodné naznačiti, jak se energie vodní dá zužitkovati. Potenciální energie vody spočívá ve výšce, se které může padnouti, a v množství vody, jež protéká. Násobím-li spád vody v metrech množstvím vody v litrech za vteřinu proteklé a dělím 75ti, obdržím počet k. s. Část této energie dá se využití kolem vodním na spodní vodu (30^o/o), na svrchní vodu (80^o/o) nebo rychloběžnými motory turbinami. Princip turbin je dvojitý, akční a reakční. Typem úplně akční turbíny jest Peltonovo kolo, opatřené lopatkami z pevného kovu. O hranu uprostřed lopatek tříští se paprsek vodní z trubice úzké dopadající pod mocným tlakem, a předává veškeru živou sílu kolu, padaje vyčerpán dolů.



Obr. 7.

Typem čistě reakční turbíny jest stará turbína skotská, sestávající z dvou zahnutých trubíc, jimiž voda vytéká (Segnerovo kolo). Obvykle se oba principy spojují a tím povstávají známé turbíny mající jedno kolo pevné, jímž se proud vody řídí, a druhé pohyblivé, rovněž zakřivenými otvory opatřené, jež uváděno je v pohyb i nárazem vody proudící i reakcí tlakovou. (Turbíny Francisovy.) Těmito dokonalými motory lze až 75^o/o

vodní síly zužitkovati. Než zdokonalení motorů vodních a využitkování vodních sil začalo teprve před 20 lety, kdy ukázala se možnost sílu do dálky přenést.

V r. 1882 vidíme poprvé využitkování vodní síly a převedení její ve formě proudu o 90 *V* napětí na dálku 1,5 *km*. Tímto způsobem zužitkováno bylo celých 8 k. s. Během 25 let rozšířilo se využitkování tou měrou, že dnes na celé zeměkouli se využívá více než 6 milionů k. s., kterýžto počet každým rokem stoupá, zejména od r. 1892, od výstavy frankfurtské, nastalo překotné zřizování vodních elektráren, jak patrně na neobyčejném vzrůstu objednávek turbin a staveb vodních.

Podmínky industrie se tím podstatně změnily, neboť vedle uhlí, kterým nejsou všechny země stejně obdařeny, začala mít vodní síla stejnou důležitost.

Je zajímavě sledovat, kolik vodní síly jednotlivé země mají k dispozici; některé země by vůbec ani uhlí nepotřebovaly ku krytí své průmyslové potřeby, kdežto u jiných by jen část potřeby se kryla i při využitkování všech sil.

V tabulce uvádíme jednak odhadnuté množství koňských sil, jež by turbinami bylo možno získat, jednak počet koňských sil na jednotku plochy, aby bylo patrné větší nebo menší bohatství na vodních silách.

Z e m ě	Uhadnutá síla z hřídle turbíny v k. s.	Počet k. s. na 1 <i>km</i> ²
Anglie	963.000	3,06
Německo	1,425.900	2,6
Švýcarsko	1,500.000	36,6
Itálie	5,500.000	19,0
Francie	5,857.000	10,9
Rakousko-Uh.	6,460.000	9,6
Švédsko	6,750.000	15,0
Norvežsko	7,500.000	20,0

Vidíme, že nejbohatší země na vodní síly jsou Švýcarsko, Norsko a Itálie. Ve Švýcarsku jest hojnost vody o vysokém spádu, neboť v Alpách jest všude hojnost bystrin s příkrých strání splývajících. V Norsku řeky ze skalnatého pobřeží do hlubokých fjordů padající poskytují hojnost energie vodních sil. Anglie má nejméně síly vodní vzhledem k své rozloze, má však bohatství uhelné, nejsou odkázána na vodu. Německo má také poměrně málo vodní síly, z níž jen část až dosavad jest zužitkována. Jelikož však průmysl německý neobyčejně rozkvetl, stačily by všechny síly vodní německé stěží na krytí 20% energie, jež se na průmysl potřebuje. Ovšem uhelné bohatství německé zaručuje potřebnou energii ještě na dlouhou dobu.

Z množství koňských sil, uvedených v tabulce, ve skutečnosti jest zužitkována dosud velmi malá část.

Ve Švédsku ku př. jest teprve 10% uvedené síly použito, ačkoli by obnos vodní energie mohl opatřiti potřebnou sílu tak ohromnému průmyslu, jako je v Německu, kdež tepelnými motory se dnes opatřuje přes 6 milionů koňských sil.

Nejvíce se rozšířilo používání pohonu vodního ve státech, kde uhlí je drahé, jako jsou Švýcarsko, Itálie. Zejména Švýcarsko bylo vzorem pro zřízení vodních centrál.

Amerika oplývá nejen bohatstvím uhelným, ale i nesmírným množstvím vodních sil. Samojediný vodopád Niagarský vrhá asi 11.000 m³ vody za vteřinu při užitečném spádu kol 55 m; to odpovídá při 75% využitkování

$$\frac{54 \cdot 11 \cdot 10^6}{75} \cdot \frac{75}{100} \doteq 6 \text{ milionů. Odhaduje se tudíž na } 5\frac{1}{2} - 6$$

milionů k. s., což je asi tolik jako všechny vodní síly celé Francie dohromady. Vedle toho je ještě celá řada značných vodopádů, řek a jezer, takže se odhaduje Amerika na 120 milionů k. s., jež by mohla zužitkovati. Celý svět disponuje vodní energií v obnosu asi 320 milionů koňských sil, z nichž však zužitkováno jest jen přes 6 milionů, tedy pouhých 2%.

Uvedme ještě některé speciální případy vodních elektráren, jichž dnes i u nás jest neobyčejná hojnost.

V Čechách jest pěkný příklad převedení vodní síly v Krumlově. Vltava řítí se tam s Čertovy stěny do skalní propasti s výše

asi 100 metrů. Užitečný spád obnáší 96 *m*, množství vody 6—8 *m*³ za vteřinu, což odpovídá 6000—8000 k. s. na hřídeli turbin. 3 Francisovy turbíny, jimiž protéká 2550 litrů vody při 96 *m* spádu, dávají po 2500 k. s., ženouce třífázový generátor. Proud mající napětí 15.000 *V* vede se do papírny 25 *km* vzdálené a do druhé továrny 4 *km* vzdálené. V továrně transformuje se z 15.000 *V* na 300 *V*. Zbytek energie rozvádí se do okolních obcí pro místní spotřebu. Jak rychle v posledních dvaceti letech vzrůstalo používání energie elektrické, o tom svědčí přírůstek centrál v Rakousku, kdež od r. 1888 až 1909 postavena 571 centrál, zejména pak v posledních letech, ročně zřizováno 40 až 50 centrál. Dle proudu lze je takto rozříditi:

Stejnoseměrný proud s akumulátory	229	energie	46.212 <i>KW</i>
„ „ bez akumul.	138	„	6.158 „
Střídavý proud jednofázový	14	}	41.110 „
„ „ dvoufázový	5		
Proud třífázový	154	}	172.095 „
Střídavý a stejnosměrný	21		

V této statistice uvedeny hlavně jen centrály, jež pro veřejné účely také proud dodávají.

Z těchto centrál bylo poháněno

parou	111,	při výrobě	197.095 <i>KW</i> (268.000 k. s.)
vodou	275,	„	144.728 „ (196.500 „)
parou i vodou	85,	„	52.476 „ (71.600 „)

Frekvence střídavého proudu byla nejčastěji 50 a 42, napětí 1000 až 25.000 *V*.

Innsbruck kryje svou spotřebu elektriny z dálky 11 *km* od řeky Sill, jež dodává 7 až 4 *m*³ při spádu 187 *m*, což znamená 13.000 až 9.500 k. s. 6 turbin pohání generátory o 2500 k. s., z nichž vychází proud o napětí 10.000 *V* a před městem se transformuje na 2000 *V*.

V Dalmácii jest známý turisty navštěvovaný vodopád Kerka, jehož síla se přenáší do Šibenika na dálku 12 *km*. Na hořejším

toku Kerky jest rovněž postavena centrála, jež odvádí 15.000 k. s na dálku 35 *km* při napětí 30.000 a zužitkuje energii elektrickou na výrobu karbidu vápenatého.

Pražská elektrárna v Holešovicích vyrábí proud třífázový o napětí 3000 *V* několika stroji o 1000 k. s. a jedním strojem o 3000 k. s. Tento vysoce napjatý proud rozvádí se v zemi po městě, vede se do transformátorů, jež umístěny jsou v kioskách na ulicích, kdež transformuje na 120 *V* a slouží ke svícení. Na Karlově a na Malé straně jsou subcentrály, kde část proudu třífázového se mění rotujícím transformátorem na proud stejnosměrný o 600 *V*, jímž se udržují tramwaye v pohybu.

Velkolepý příklad pro převádění energie nám poskytuje v Americe vodopád Niagarský, z jehož ohromné síly až dosavad málo jest zužitkováno. Několik společností postavilo tam centrály, jimiž asi 150.000 k. s. se doposavad zužitkuje. V letech 1894 postaveny byly turbíny po 5000 k. s., pohánějící generátory na 2fázový *Teslův* proud o napětí 2000 *V* a frekvenci 25. V roce 1903 zřídila jiná společnost „Ontario Power Company“ centrálu, v níž využitkuje 53,4 *m* spádu a 20 *m*³ vody, což dává 11.390 k. s. ze tří Francisových spirálových turbin.

V r. 1909 společnost „Hydroelectric Power Commission of Ontario“ rozšířila síť rozváděcí na ohromnou dálku 500 *km*. Z generátorů vychází třífázový proud o napětí 12.000 *V*, ten transformuje se na napětí v Evropě nevidané, totiž 110.000 *V*.

Proud vede se aluminiovým lauem o průřezu 90 *mm*², jež je sice méně vodivé než měď, ale za to mnohem lehčí: místo sloupů postaveny jsou ocelové stožárové věže, k nimž připevněna řada pod sebou visících izolátorů nesoucích lano. Z této ohromné sítě napájí se několik měst. Jak obrovské jest vedení, svědčí to, že spotřebovalo se 500 tun aluminia.

V Americe jest ještě celá řada ohromných vodních elektráren. Tak na řece Hudson, kdež přehradou údolí se získává 32.000 k. s., na řece Missouri, která dodává 10.000 k. s., z nichž část v podobě třífázového proudu o 50.000 *V* napětí se vede na dálku 104 *km*. San Francisco bře své proud z ohromné dálky 355 *km* od vodopádu Ubax.

Věřu nikdo před třiceti lety při prvních pokusech Deprezových netušil, jakého vlivu převádění síly bude mítí na rozvoj průmyslu.

Můžeme směle říci, že od r. 1891 celý svět stojí ve znamení využitkování vody. Otázka stává se každým dnem akutnější, neboť ohromná spotřeba uhlí k průmyslovým podnikům bude mítí za následek ponenáhlé vyčerpání pokladů uhelných a v dohledné již době aspoň značné zdražení tohoto vzácného paliva. Běda pak zemím, jež nepostarají se včas o náhradu; z těch odstěhuje se brzy veškeren průmysl tam, kde najde zdroje energie. Proto jeví se každým rokem vzrůstající ruch po všemožném využitkování vody. Všade, kde se regulují řeky, pravidelně část aspoň vodní síly se přemění na elektřinu. U nás ku př. při regulaci Vltavy jest u Mělníka část vodní síly upotřebena, také u pražské regulace Vltavy bude postavena vodní centrála. S oblibou staví se také přehrady údolí, jimiž jarní voda se zachycuje a pak celý rok k pohonu turbin slouží. Vídeň ku př. pomýšlí již na to, jelikož spotřeba proudu roste, přehraditi údolí Enže a z dálky 150 *km* vésti elektřinu do města. Jednotlivé státy sepisují své vodní síly a zákonem přivlastňují si vodní síly v zemi se nalézající. První tak učinilo Švýcarsko. Rovněž jeví se snaha zelektrisovat pohon drah, najmě v horských krajinách. Švýcarsko hodlá část svých vodních sil v obnosu 30.000 k. s. upotřebiti ku pohonu státních drah. Podobně u nás v Rakousku byl již vládou podán určitý projekt na zelektrisování státních drah alpských. Soupis vodních sil dává odhad 1,7—3,8 milionů k. s., z čehož stačí na pohon drah 130.000 k. s.

Obavy, kde najdeme náhradu za uhlí, až jeho zásoby vyčerpáme, jsou zmírněny, vidíme-li, jak důmysl lidský během krátké doby dovedl tajuplné síly elektrické použití. Můžeme tedy bezstarostně hleděti vstříc okamžiku, kdy uhlí, dosavadní to zásoba energie, bude z velkých okrsků mizeti, neboť mezitím bude přenášení síly tou měrou zdokonaleno, že bude možno a také i nutno využití všech vodních sil, jež nám budou dávatí řeky a jezera. Konečně pak dojde řada i na moře, jehož klesající vody při odlivu budou nám sloužití za zdroj energie, tak jako nám nyní slouží uhlí.
