

PRŮVODCE VĚDOU A UMĚNÍM.

PŘÍRUČNÍ KNIHOVNA VZDĚLAVACÍ. Redigují: univ. prof. dr. FRANT. KREJČÍ, professor JIŘÍ JANDA, professor dr. FRANT. MACHÁT, učitel
○ ○ ○ JOSEF ČERNÝ a odb. učitel JOSEF MÜLLER. ○ ○ ○

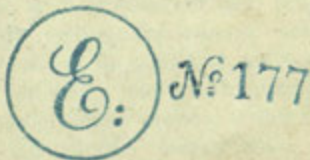
Sv. IV.

Professor DR. JAR. JENIŠTA:

ELEKTŘINA A JEJÍ UŽITÍ.

Díl II.

Se 40 obrázky.



V PRAZE. 1909.

Nákladem Zemského Ústředního Spolku Jednot Učitelských v král. Českém.
V komisi knihkupectví Josefa Rašína v Praze VII. — Tiskem Družstva knih-
tiskárny v Zábřeze.

E 177

IX. O motorech elektrických.

V prvním díle v druhé kapitole jsem uvedl, že ve vodiči, který se pohybuje v magnetickém poli tak, aby protínal jeho siločáry, indukuje se elektromotorická síla, která dává vznik proudu, tvoří-li pohybující se vodič uzavřený celek. Směr vzniklého indukovaného proudu dá se určití pravidlem *pravé* ruky: Postavíme-li pravici tak, aby siločáry magnetického pole vcházely do dlaně a aby palec ukazoval směr pohybu daného proudovodiče, pak ostatní prsty udávají směr indukovaného proudu. V tomto případě vzniká tedy elektrická energie pohybem čili energií mechanickou.

Když však vložíme do magnetického pole vodič, do něhož vpustíme proud, uvede se tento vodič v pohyb, tak že zde právě opačně proti předcházejícímu případu vzniká pohyb čili energie mechanická pomocí energie elektrické. Směr pohybu dá se tu pohodlně určití pravidlem *levé* ruky zcela podobně, jako se dá pravidlem pravé ruky určití směr indukovaného proudu. Položíme-li totiž *levou* ruku tak, aby siločáry magnetického pole vcházely do dlaně a aby prsty (kromě palce) namířeny byly směrem proudu, vodičem procházejícího, pohybuje se vodič směrem k palci.

Jakmile však nějaký proudovodič pohybuje se v magnetickém poli, vzniká v něm současně indukci elektromotorická síla; proto i zde musí vzniknouti elektromotorická síla, způsobující v uzavřeném vodiči proud, jehož směr se dá stanoviti podle pravidla pravé ruky. Je to proud, opačný onomu, jenž do vodiče původně byl poslán, a proto příslušná elektromotorická síla se nazývá silou *protielektromotorickou*. Její velikost možno určití podle vzorce, známého z I. dílu:

$$E = \frac{dN}{dt} ,$$

kdež N znamená úhrnný počet siločar vodičem protažených.

Jedná-li se ku př. o přímý drát délky l cm, pohybující se v homogenním magnetickém poli intensity B tak, že v čase t vteřin urazí dráhu s cm, jest

$$N = B \cdot l \cdot s$$

a tedy

$$E = \frac{d}{dt} (Bls) = Bl \frac{ds}{dt} = Blv ,$$

značí-li v rovnoměrnou rychlost, jakou se vodič pohybuje kolmo k siločarám. Tato protielektromotorická síla způsobuje, že proud vedený do vodiče se zeslabí, tak že v prvním okamžiku, dokud se vodič neuvede v pohyb, je proud nejsilnější, ale, jakmile pohyb nastane, intenzita proudu značně klesne.

Takovýto pohyb proudovodiče v magnetickém poli je základem motorů elektrických, jež dělíme podle toho, jaký proud jimi prochází, na dvě hlavní skupiny, a to na motory s proudem stejnosměrným a na motory s proudem střídavým a vícefázovým.

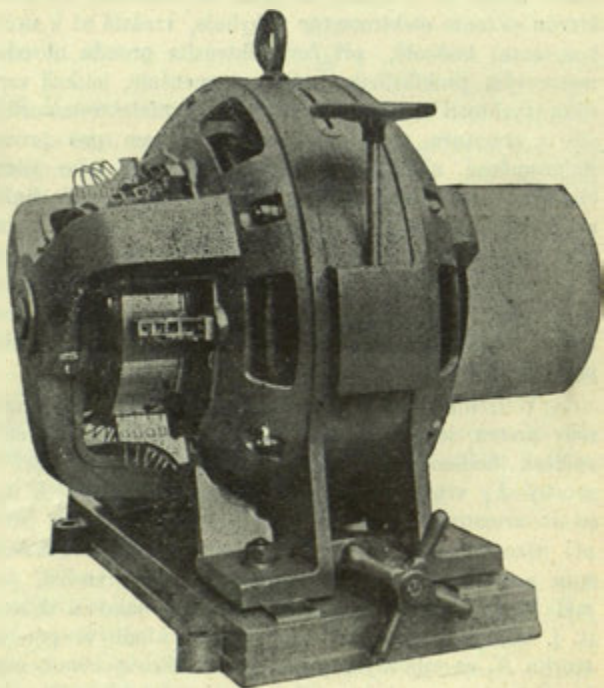
a) Motory s proudem stejnosměrným.

Nejprve všimněme si motorů s proudem stejnosměrným, které jsou velice jednoduché a na nichž nejnáze poznáme hlavní zásady, pro motory platící.

Spojíme-li jakékoliv dynamo pro proud stejnosměrný se zdrojem elektrickým o stálé potenciální diferencii (třeba zase s nějakým dynamem), uvidíme, že první dynamo uvede se v rotaci, že stane se motorem. Rychlost, kterou se tento elektromotor pohybuje, vzrůstá až k určité konstantní hodnotě, při čemž intenzita proudu obvodem motorovým probíhajícího stále se umenšuje, jelikož vzrůstem rychlosti otáčecí vzrůstá též protielektromotorická síla v armatuře motoru. Lze tedy dynam pro proudy stejnosměrné užiti beze všech změn buď jako zdrojů elektřiny anebo jako motorů; v prvním případě dlužno armaturou otáčeti a ze svorek odebírá se proud, v druhém případě do svorek vpouštíme proud stejnosměrný a armatura uvádí se v pohyb. Jako příklad elektromotoru s proudem stejnosměrným uvádím stroj na obr. 1., který ovšem také může působiti beze vší konstruktivní změny jako dynamo.

V I. díle na obr. 2. je schematicky zobrazen Gramův prsten, jenž se v magnetickém poli otáčí ve směru ručiček hodinových; tím se indukuje proud, jenž ze svorky K_1 vchází do vnějšího vedení a svorkou K opět je do armatury přiveden. Kdybychom pak téhož stroje při nezměněné polaritě pole magnetického užili jako motoru a pustili proud do armatury v též směru, jaký měl proud indukovaný u téhož stroje jako u dynama (t. j. kdybychom spojili svorku K s kladným pólem a svorku K_1 se záporným pólem zdroje elektrického), uvedl by se prsten v pohyb proti směru ručiček hodinových,

otáčel by se opačně než dynamo. Výsledky tyto lze snadno poznati z uvedených pravidel pravé a levé ruky. Z pravidla levé ruky jo též viděti, že směr otáčení motoru lze změnit jen tehdy, když se změni směr proudu (je-li ovšem magnetické pole vytvořeno elektromagnety) pouze v *jedné* části motoru: buď toliko v magnetech anebo jen v armatuře; při změně směru proudu v obou částech zůstává směr otáčení nezměněn.



Obr. 1.

Stanovme nyní, na čem záleží rychlost otáčecí daného motoru. Budiž rozdíl potenciální vnějšího proudu na svorkách motoru D volt a odpor armatury R_a ohm. Je-li motor v klidu, probíhá tedy (podle zákona Ohmova) armaturou proud o intensitě

$$I_a = \frac{D}{R_a} \text{ ampère.}$$

Jakmile však uvede se motor v pohyb, vznikne protielektromotorická síla E , která (jak jest uvedeno v I. díle) je dána rovnicí:

$$E = Nnx \cdot 10^{-8} \text{ volt,}$$

značí-li opět n počet obrátek ve vteřině a x počet závitů drátěných na armatuře; N značí zde výsledný počet siločar v armatuře, závislý na magnetickém poli jak kotvy, tak elektromagnetů. Tato protielektromotorická síla způsobuje, že intensita proudu armaturou jdoucího je menší, a to

$$I_a = \frac{D - E}{R_a},$$

z čehož plyne

$$I_a \cdot R_a = D - Nnx \cdot 10^{-8}$$

a konečně

$$n = \frac{D - I_a R_a}{Nx} \cdot 10^8,$$

kteroužto rovnici je tedy určen počet obrátek ve vteřině.

Tato rovnice vysvětluje nám též, proč motor přijímá vždy jen tolik proudu, kolik právě vyžaduje příslušné zatížení. Pro jednoduchost předpokládejme, že magnety jsou buzeny samostatným konstantním proudem, tak že intensita jejich pole je veličina stálá, nezávislá

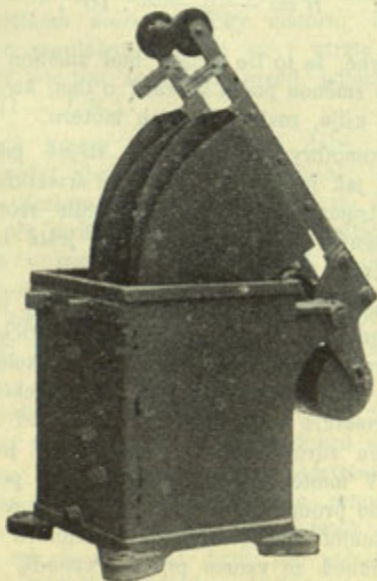
na proud armaturou procházejícím. Je-li motor nezatížen (jde-li na prázdno), otáčí se určitou maximální rychlostí, při čemž prochází armaturou jen slabý proud. Zatížíme-li však motor, nemůže tento slabý proud vyvinouti dostatečné *tažné síly*, jež závisí na intensitě pole magnetického, na intensitě proudu a na délce pohybujícího se vodiče, a proto rychlost motoru se poněkud zmenší. Tím však zmenší se i protielektromotorická síla a následek toho jest, že intensita proudu armaturou procházejícího se poněkud zvětší, a to do té míry, aby tažná síla se vyrovnala zatížení. Při menším zatížení pak zase naopak s počátku motor se urychlí, tím zvětší se protielektromotorická síla a zmenší intensita proudu, až opět tažná síla se zatížením jsou v rovnováze. Vidíme tedy, že protielektromotorická síla má zde tutéž funkci jako odstředivý regulátor u parních strojů; kdežto však k parnímu stroji regulátor musí býti zvlášť konstruován jako samostatný přístroj, není ničeho podobného třeba u elektromotoru, který příslušnou elektromotorickou sílu vyvinuje sám a tak tedy i sám se reguluje.

Aby tažná síla byla co největší, je třeba — jak již bylo řečeno — silného pole magnetického a zároveň i silného proudu armaturou procházejícího; i volí se, aby se vyhovělo této druhé podmínce, odpor kotvy vždy malý. To však má v zápětí velmi nepříjemný účinek, který by mohl dokonce i motor zničiti. Je-li totiž odpor kotvy malý, je proud, jenž v prvním okamžiku po zapětí motoru projde kotvou ještě v klidu jsoucí, velmi

silný ($I_a = \frac{D}{R_a}$). Tento silný proud probíhá sice jen

krátkou chvíli, poněvadž kotva hned se uvede v pohyb a vyvíjí protielektromotorickou sílu, ale již ta krátká doba by stačila a dráty by se mohly poškoditi, pře-

páliti anebo aspoň izolace zničiti, čímž by se ovšem motor stal nepotřebným. I patrno z toho, že takovéto motory nesmějí se do proudu vepnouti přímo, nýbrž že se do proudovodu musí vložiti měnitelný odpor, který se nazývá *odporem spouštěcím* (Anlasswiderstand). Je to vlastně obyčejný rheostat, jenž je tak zařízen, že, zapne-li se motor do proudu, zapne se zároveň i největší odpor, tak že proud armaturou procházející je s počátku dosti slabý. Jakmile se však motor rozběhne a vyvinuje protielektromotorickou sílu, musí se odpor v rheostatu umenšovati, až se konečně vypne celý spouštěcí odpor z proudovodu. Místo obyčejných rheostatů kovových lze tu



Obr. 2.

užití též s výhodou lacinějších spouštěcích odporů kapalinových, jichž podobu vidíme na obr. 2. Je to nádoba naplněná obyčejně roztokem dvojuhličitanu sodnatého, do níž se zapouštějí železné desky; čím hlouběji vnikají desky do kapaliny, tím jest odpor menší, až konečně při úplném zapuštění desek je celý spouštěcí odpor spojen na krátko.

Další důležitá otázka jest, jak lze regulovati rychlost motoru čili počet obrátek za vteřinu (po případě za minutu, jak se obyčejně udává). Odpověď k tomu dává nám uvedený již vzorec

$$n = \frac{D - I_a R_a}{Nz} \cdot 10^8,$$

z něhož plyne, že to lze učiniti buď změnou svorkového napětí nebo změnou počtu siločar; o tom, kterého z obou způsobů se užije, rozhoduje druh motoru.

Elektromotory dělíme totiž stejně jako dynamy podle toho, jak je spojeno vinutí na armatuře s vinutím kolem elektromagnetů; jsou tedy vedle motorů s konstantně buzeným polem magnetickým ještě motory seriové, derivační a compoundní.

Všimněme si nejprve motorů, u nichž vinutí kolem elektromagnetů je připojeno ke zdroji elektrickému o konstantním svorkovém napětí, tak že proud kolem magnetů obíhající a tím i intensita pole magnetického je konstantní. Armatura může býti připojena buď k samostatnému jinému zdroji anebo k témuž zdroji jako elektromagnety. V tomto případě dá se měniti počet obrátek tím, že se do proudovodu armatury vloží regulační odpor, jehož zvětšením zmenší se rychlost motoru a obráceně. To plyne ihned ze vzorce pro n , víme-li, že intensita proudu armaturou probíhajícího při určitém zatížení je

stálá, nezávislá na vloženém odporu. Toto taktum pochopíme z jednoduché úvahy. Je-li motor určitým způsobem zatížen, otáčí se známou rychlostí, při čemž armaturou prochází proud takové intensity, že tažná síla vyrovná se zatížení. Zmenšíme-li na př. potom regulační odpor, zvětší se v prvním okamžiku poněkud intensita proudu v kotvě, ale tím zvětší se i tažná síla, což má za následek, že motor roztočí se rychleji. Tím však zvětší se i protielektromotorická síla, tak že intensita proudu klesne zase na dřívější hodnotu. Dospíváme tedy zde k zajímavému výsledku, že při motorech s konstantním polem magnetickým závisí intensita proudu v kotvě pouze na zatížení a počet obrátek čili rychlost otáčení na rozdílu potenciálního mezi kartáčky motoru. Zmenší-li se totiž odpor regulační, zmenší se i ztráta napětí čili spádu ($I_a R_a$) a tím se zvětší rozdíl potenciální mezi kartáčky ($D - I_a R_a$).

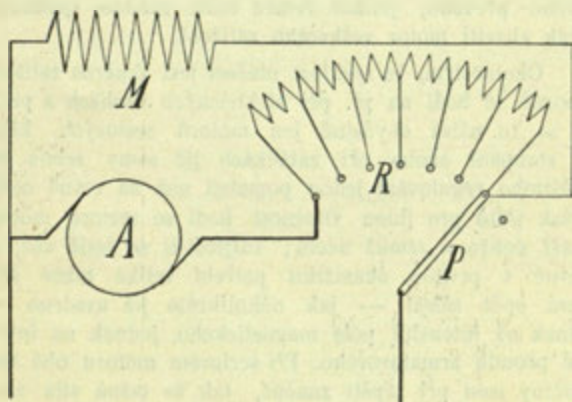
Z téhož vzorce pro n vidíme dále, že u tohoto motoru je počet obrátek skoro konstantní; jsou totiž ve vzorci tom všechny veličiny stálé, vyjímaje intensitu I_a , která sice při vzrůstajícím zatížení se zvětšuje, ale vyskytující se v součinu s odporem R_a (veličinou velmi malou), působí jen nepatrně na konečný výsledek pro n . Skutečně také rozdíl v počtu obrátek při prázdném chodu a při plném zatížení obnáší pouze několik málo procent.

Na druhém místě budiž hned uveden *motor derivace*, který v podstatě jest úplně podoben motoru předcházejícímu. Má tedy také tytéž podstatné vlastnosti, totiž úplnou úměrnost mezi intensitou proudovou a zatížením a *skoro konstantní* počet obrátek při *každém* zatížení, tak že se zvlášť hodí pro pohon transmissí v různých továrnách. Také zde je třeba postarati se jednak

o spouštěcí odpor, jednak o odpor regulující počet obrátek. Odpor spouštěcí vloží se do cesty proudu jdoucímu k armatuře, tedy za bodem rozvětšovacím, aby proud ze sítě neseslaben šel do elektromagnetů, poněvadž při zapětí motoru třeba na to dbáti, aby intenzita magnetického pole byla co největší. Odpor regulační vkládá se do cesty proudu, jdoucímu do elektromagnetů, jelikož podle vzorce pro n lze měniti počet obrátek změnou intensity pole magnetického. Čím větší odpor vložíme do proudovodu elektromagnetů, tím více seslabuje se proud do magnetů jdoucí, tím více umenšuje se počet siločar N a tím více vzrůstá počet obrátek. Takoveto seslabení magnetického pole není ovšem při stejném zatížení bez vlivu na proud jdoucí do armatury. Víme, že tažná síla (a tedy i zatížení) jest úměrno intensitě proudu armaturového a intensitě pole magnetického; seslabí-li se tedy pole magnetické, musí se při stejném zatížení nutně zvýšiti intenzita proudu, což způsobuje, že mezi počtem obrátek a intensitou pole magnetického není pouze jednoduchý nepřímý poměr, nýbrž vztah složitější. Kdyby tomu tak nebylo a kdyby obě zmíněné veličiny byly spolu prostě v poměru nepřímém, došli bychom k paradoxnímu výsledku, že zatížený motor musil by běžeti rychlostí nekonečně velikou, kdyby se přerušil proud do magnetů jdoucí; to se ovšem nestane, nýbrž právě naopak motor se zastaví, protože jeden z činitelů, na nichž závisí tažná síla, stal se roven nulle.

Spouštěcí a regulační odpor mohou býti k derivačnímu motoru přidány jako dva úplně samostatné odpory, ale daleko pohodlnější jest spojení je dohromady a řídití je jedinou pákou. Jeden způsob tohoto spojení je schematicky znázorněn na obr. 3. Zde značí A armaturu, M vinutí kolem elektromagnetů a R odpor, jenž

působí jako odpor spouštěcí i regulační. Při zapětí motoru je páka P v poloze naznačené, tak že odpor R je v tomto případě pouze odporem spouštěcím. Jakmile pak posunujeme pákou v levo, zvětšuje se odpor ve vedení k elektromagnetům, tak že otáčecí rychlost vzrůstá až k určité hodnotě maximální; při posouvání obráceném pak zase rychlost klesá. Výhodou tohoto spojení jest, že kotva i magnety jsou ustavičně spolu spojeny, tak že vypětí motoru z proudu stane se skoro úplně bez jiskry.



Obr. 3.

Další motor je *seriový*, u něhož vinutí kolem armatury a elektromagnetů jsou *za sebou* vepjata do proudovodu. Je tedy intensita proudu procházejícího armaturou i elektromagnety stejná a intensita pole magnetického závisí pouze na intensitě hlavního proudu. Všimneme-li si opět vzorce pro n , vidíme, že při konstantním svorkovém napětí mění se rychlost otáčecí velmi značně se zatížením, neboť, zvětší-li se zatížení, zvětší

se intenzita proudu I_a a současně též počet siločar N , kteréžto obě změny působí souhlasně na zmenšení počtu obrátek. Obráceně zase, zmenšuje-li se zatížení, zvětšuje se rychlost, a proto nesmí seriový motor nikdy běžeti na prázdno, úplně nezatížen, neboť by pak mohl nabýti rychlosti příliš veliké, pro motor nebezpečné. Spřahují se tedy seriové motory zpravidla se stroji, jež mají poháněti, buď přímo anebo pomocí ozubených převodů, nikoli však (aspoň ne u motorů velikých) pomocí řemenového převodu, jelikož řemen může snadno spadnouti a tak zbaviti motor veškerého zatížení.

Okolnost ta, že rychlost otáčecí jest úměrna zatížení, výborně se hodí na př. při elektrických drahách a proto též se tu užívá obyčejně jen motorů seriových, které při stoupání anebo při zatáčkách již samy sebou bez zvláštního regulování jedou pomaleji než na rovné cestě. Avšak ještě pro jinou vlastnost hodí se seriové motory zvlášť dobře k téměř účelu; rozjíždí-li se totiž vůz, je hlavně v prvním okamžiku potřebí veliké tažné síly, která opět záleží — jak několikráte již uvedeno — jednak na intenzitě pole magnetického, jednak na intenzitě proudu armaturového. Při seriovém motoru obě tyto veličiny jsou při zapětí značné, tak že tažná síla stačí tu dobře k tomu, aby se vůz rozejel.

Regulování rychlosti při určitém zatížení dá se provésti opět stejně jako u motoru derivačního buď odporem vloženým do hlavního proudovodu anebo zeslabováním magnetického pole. Magnetické pole může se tu zeslabiti dvojím způsobem: buď se připojí paralelně k vinutí elektromagnetů regulační odpor anebo se jednotlivé cívky elektromagnetů různě spolu spojují. Tak na př. u čtyřpólového motoru máme celkem čtyři cívky elektromagnetické, jež můžeme spojit buď všechny za

sebou, nebo dvě a dvě za sebou a tyto dvě skupiny vedle sebe anebo všechny čtyři cívky vedle sebe. V prvním případě je magnetické pole nejsilnější (ovšem jen při určitém zatížení a jím podmíněné intenzitě proudu) a tedy rychlost nejmenší, kdežto v posledním případě je pole nejslabší, protože při stejném odporu ve všech cívkách protéká tu každou z nich jen čtvrtina proudu. Velmi často stačí však regulovati rychlost jenom odporem v hlavním proudovodu.

Poslední druh motorů na proudy stejnosměrné jsou *motory compoundní*, jež mohou býti vinuty dvojím způsobem. V prvním případě jsou vinuty tak, že proud probíhá oběma vinutími — hlavním i vedlejším — v tomtéž směru, tak že účinek vinutí vedlejšího je zesilován vinutím hlavním. Toto zesílení je tím větší, čím je silnější proud procházející armaturou, čili čím je větší zatížení, tak že motor při zapětí do proudu vyvine velmi značnou tažnou sílu. Tím se tedy podobá motoru seriového, ale má nad něj zase tu výhodu, že ani při naprostém nezatížení nemůže nabýti nebezpečné rychlosti.

Druhý způsob compoundního spojení u motorů je ten, že proud vinutím hlavním prochází v opačném směru než vinutím vedlejším. Tohoto spojení užívá se však velice málo, a to jen tam, kde se jedná o *naprosto konstantní* počet obrátek při jakémkoliv zatížení, kde by tedy motor derivační nevyhovoval. Rovněž tak ani prvního spojení compoundního neužívá se v praxi příliš často, tak že zpravidla se setkáváme pouze s motory seriovými a derivačními.

Rozumí se samo sebou, že v elektromotorech neproměňuje se veškerá dodaná energie elektrická v energii mechanickou, poněvadž i zde vystupují ztráty zcela podobné jako u dynam. V závitech u elektromagnetů i u

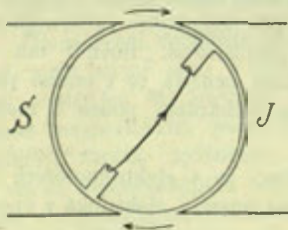
armatury vyvinuje se totiž teplo, jež znamená ztrátu energie stejně jako hysterese, proudy Foucaultovy a tření na kartáčcích nebo v ložiskách. Abychom tedy tyto ztráty mohli posouditi, zavádíme zde též důležitý pojem *mechanické účinnosti*, t. j. číslo, udávající poměr užitečné práce elektromotoru k úhrnné dodané elektrické energii. Tato účinnost se udává obvykle v procentech a při normálním zatížení kolísá mezi 70 až 95⁰/₁₀₀. Pro různé druhy motorů dá se tento poměr buď různým způsobem vypočítati anebo pokusně stanovit.

b) Motory s proudy střídavými.

1.) Motory synchronní.

Přejdeme nyní k výkladu motorů na proudy střídavé, z nichž na prvním místě uvádím *motory synchronní*. U motorů s proudem stejnosměrným jsme viděli, že jsou úplně stejné s dynamy, jenom že nutno do nich proud vponuštět, abychom nabyli mechanické práce. I naskytá se nyní otázka, zda snad něco podobného není i při motorech s proudem střídavým, zda snad i zde nelze užiti generátorů přímo jako motorů.

Představme si nejjednodušší generátor na proudy střídavé, Siemensovu válcovou cívku, na níž je navinut jediný závit (obr. 4). Pustíme-li do tohoto závitu pomocí sběracích kroužků jednoduchý střídavý proud (při konstantním poli magnetickém), probíhá jím v některém okamžiku proud ve směru naznačeném šipkou, totiž tak, že na spod-



Obr. 4.

ní části cívky proud míří k pozorovateli a na svrchní části od něho. Podle pravidla levé ruky lze pak snadno určit, že by se cívka otočila směrem ručiček hodinových. Otáčení toto však, které by bylo stále při proudu stejnosměrném, nemusí být stále při proudu střídavém, neboť sotva že se cívka pohne z původního svého místa, změní se směr proudu v drátě a směr otáčení je právě opačný. Je-li tedy perioda střídavého proudu dosti veliká, tak že směr proudu se rychle mění, nevede se stroj vůbec v žádný trvalý rotační pohyb, nýbrž bude pouze oscillovati kolem určité rovnovážné polohy.

Představme si však nyní celou věc poněkud pozměněnou. Postarejme se o to, aby armatura stroje již dříve nějakým způsobem byla roztočena a to takovou rovnoměrnou rychlostí, aby mezi každou změnou proudu se otočila právě o 180° . Pak tedy, přijde-li hořejší část drátu dolů a dolejší nahoru, změní se současně směr proudu, tak že směr otáčení se vůbec již nezmění a motor běží pak trvale rovnoměrně, pokud jen proud jemu dodávaný má stejnou frekvenci. Motory na tomto principu se zakládající zoveme *synchronními* (soudobými) a každý generátor na proudy střídavé může pracovati jako takovýto synchronní motor.

Velikou předností jeho je, že se pohybuje rychlostí úplně konstantní, kterou snadno můžeme předem určit, známe-li počet jeho pólů a frekvenci proudu dodávaného. Je-li totiž frekvence střídavého proudu n_1 a počet pólů u motoru $2p$, je počet obrátek n ve vteřině dán rovnicí:

$$n = \frac{n_1}{p};$$

proto tedy každý dvojpólový motor synchronní, připojatý k síti o frekvenci 50, konal by za vteřinu 50 obrátek

čili za minutu 3000 obrátek, motor čtyřpólový dvakrát méně, totiž 1500 obrátek v minutě atd. Rychlost tuto zachovává motor i při měnícím se zatížení; jenom když se přetíží příliš mnoho, zastaví se v době velice krátké.

Do těchto motorů se musí ovšem přiváděti dvojí proud: jednak stejnosměrný pro sycení magnetů, jednak střídavý do armatury.

Nepříjemnou vlastností motorů synchronních jest, že se musí předem již roztočiti přesně onou rychlostí, která je dána počtem pólů motoru a frekvencí střídavého proudu. Toto roztočení lze provésti několikerým způsobem; je-li na př. elektromotor určen k podpoře nějakého jiného motoru (parního, vodního atd.), může se rozběhnouti jednoduše pomocí tohoto motoru. Je-li však synchronní motor spřažen přímo s dynamem na proudy stejnosměrné, jehož proud má se užiti pak k různým účelům, ku př. k nabíjení akumulátorů, lze rozběhnouti motoru provésti takto. Dokud není ještě střídavý proud ze sítě vpuštěn do motoru, roztočí se nejprve proudem z akumulátorů dynamo jako elektromotor. Tu tedy běží spřažený s ním synchronní motor jako nezatížený generátor a jeho otáčecí rychlost stupňuje se pomocí regulačního odporu tak dlouho, až se dosáhne žádaného počtu obrátek a úplného synchronismu se střídavým proudem v síti (jímž se má potom synchronní motor sám pohybovati), což lze poznati pomocí fázové lampy, jak bylo uvedeno v I. díle. Je-li úplného synchronismu dosaženo, připojí se střídavý proud k synchronnímu motoru, jenž udrží se pak již v rovnoměrné stálé rotaci, i když se přeruší spojení mezi akumulátory a motorem na proud stejnosměrný, který se takto stane zase dynamem a vyrábí proud stejnosměrný, jehož lze užiti třeba zase k nabíjení akumulátorů nebo k jakémukoliv účelu jinému. Rozumí

se samo sebou, že magnetické pole synchronního motoru musí tu býti stále buzeno proudem stejnosměrným, který se zpravidla odvádí z akumulátorů.

Jak je z vyloženého patrné, patří takováto dvojice strojů též mezi *motorgenerátory* (viz I. díl str. 132.), jimiž lze proud střídavý přeměnit v proud stejnosměrný, a skutečně také užívá se synchronních motorů hlavně jen k tomuto účelu. Pro takovouto transformaci volí se synchronní motory rády proto, poněvadž nevýhody jejich (nutné počáteční roztočení a samostatné buzení pole magnetického) nejsou zde nijak na závadu, kdežto výhoda jejich velmi značná je ta, že není jimi způsoben žádný fázový rozdíl mezi intenzitou a napětím.

Při motorech synchronních nutno se zmíniti ještě též o *konvertorech*, totiž o strojích, u nichž kotva přijímá proud střídavý, kterým se roztočí, a když je v pohybu, současně vydává proud stejnosměrný. Je to tedy spojení synchronního motoru a dynama na stejnosměrné proudy v jedné a téže kotvě, jež se dá provésti dvojnásobným způsobem; buď má kotva pouze jediné vinutí, jež je v různých svých částech spojeno jednak s kolektorem, jednak se sběracími kroužky, anebo má dvě samostatná vinutí, z nichž jedno je připojeno ke kolektoru, druhé ke kroužkům. Takového konvertoru lze ovšem použiti způsobem velmi různým: jako jednoduchého motoru nebo dynama pro proudy stejnosměrné, jako motoru synchronního nebo jako generátoru pro proudy střídavé, jako transformátoru proudu střídavého ve stejnosměrný anebo obráceně stejnosměrného v střídavý; konečně pak, je-li tento stroj poháněn samostatným nějakým motorem, lze z něho současně odváděti jak proud stejnosměrný, tak střídavý. (Viz též I. díl str. 111.).

Poněvadž ve všech těchto případech probíhá kotvou dvojitý proud, stejnosměrný i střídavý, je přirozeno, že musí mezi jejich napětím i intenzitou proudu býti určitý poměr, tak že naprosto není možno ku př. daný střídavý proud proměnit ve stejnosměrný libovolného napětí, jako se to dá provést při motorgenerátorech. Tento poměr záleží ovšem též na tom, kolikafázový je proud střídavý, jak ukazuje tato tabulka:

Proud:	stejnosměrný	jednofázový	dvou-(čtyř-)fáz.	třífázový
napětí ve voltech	1	0·707	0·707	0·612
intenzita v ampérech	1	1·414	0·707	0·943

Čísla tato se ovšem zatížením poněkud změní.

Užije-li se takového stroje jako transformátoru, protéká závitů kotvy proud o intenzitě, rovné rozdílu intenzit proudu stejnosměrného i střídavého, tak že ztráta energie způsobená Jouleovým teplem v armatuře je při konvertoru menší než při obyčejném dynamu; za to však je tato ztráta mnohem větší, pohání-li se takovýto stroj nějakým samostatným motorem, tak že vyrábí i proud stejnosměrný i střídavý, neboť pak intenzita proudu armaturou probíhajícího se rovná součtu obou intenzit jednotlivých.

Působí-li konvertor jako transformátor proudu střídavého v stejnosměrný, rozbíhá se stejně jako motory synchronní; nejprve se totiž vzbudí magnetické pole stroje, ten pak se nechá rozběhnouti jako motor s proudem stejnosměrným, a když je dosaženo synchronismu, zapne se proud střídavý, tak že pak celek běží jako motor synchronní a pohybuje dynamem.

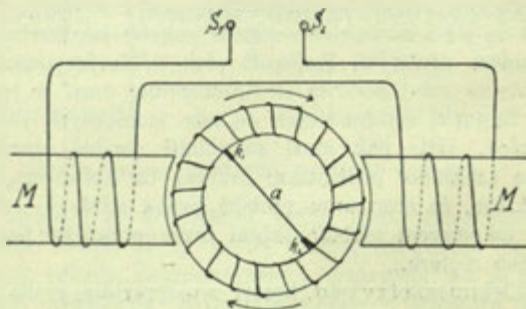
2. Motory kolektorové.

Další druh motorů s proudem střídavým jsou *jednofázové motory kolektorové*. Již při motorech na proudy stejnosměrné jsem uvedl, že směr pohybu takového motoru se nezmění ani tehdy, když obrátíme směr dodávaného proudu, jestliže tímto obrácením změní se směr proudu nejen v armatuře, nýbrž i v elektromagnetech. Jestliže tedy k svorkám obyčejného motoru na proud stejnosměrný připojíme jednoduchý proud střídavý, rozběhne se též a udržuje se v stálém pohybu jakožto motor s proudem střídavým. Poněvadž však střídavým proudem neustále se mění polarita elektromagnetů, musí se jejich jádro zhotoviti z jednotlivých od sebe izolovaných plechů železných. Dále pak musí se učiniti vhodné opatření, aby se zabránilo přílišnému jiskření na kolektoru, jež vzniká tím, že armaturou probíhá proud střídavý, neboť právě na omezení tohoto jiskření závisí praktické použití takového motoru.

Elektromotory tyto hotoví se zpravidla podle systému seriového a nazývají se pak též jednofázovými motory seriovými.

Mezi motory kolektorové patří dále ještě *motory repulsní*, které patří také částečně již mezi motory indukční, o nichž později bude řeč; konstrukcí svou podobají se však úplně obyčejným motorům s proudem stejnosměrným. Schéma takového motoru podává obr. 5. Zde MM značí elektromagnety, do jichž závitů připojených ke svorkám $S_1 S_2$ přivádí se jednoduchý střídavý proud; A značí obyčejnou armaturu motoru na stejnosměrný proud (třeba Grammův prsten), která je tu však rýsována pro jednoduchost tak, jako by pevné kartáčky $K_1 K_2$ byly přímo přitlačovány k drátům armatury, ačkoli ve skutečnosti doléhají ke kolektoru. Kartáčky tyto

odchýlené o 45° proti normální poloze jsou drátem a na krátko spojeny, tak že celá kotva je takto rozdělena na dvě polovice. Zavede-li se do elektromagnetů střídavý proud, indukuje se v každém okamžiku v armatuře proud takového směru, že každá její polovice se snaží postavit se souměrně k ose elektromagnetů. Proto musí se kartáčky postavit do směru na obrázku naznačeného, načež se armatura otočí ve směru ručiček



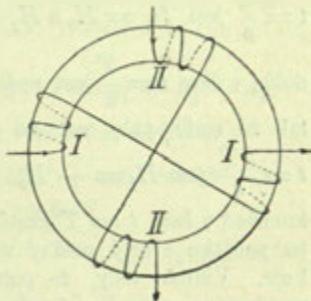
Obr. 5.

hodinových. Tak se tedy motor rozeběhne, a poněvadž kartáčky stojí trvale na témž místě, opakuje se tentýž postup neustále a motor se rovnoměrně otáčí. Směr jeho pohybu dá se změnit, když otočíme kartáčky z polohy naznačené o 90° .

3. Motory indukční.

Nejrozšířenějšími motory s proudy střídavými jsou indukční motory na proudy točivé čili — lépe řečeno — motory s točivým polem magnetickým. O tomto točivém poli magnetickém nutno tedy nyní zmíniti se poněkud obsírněji.

Navineme-li kolem prstenu z měkkého železa dva páry cívek (*II*, *IIII*) ve směrech k sobě kolmých tak, jak je vyznačeno na obr. 6., a necháme-li každou dvojici procházeti harmonický proud střídavý o stejné amplitudě a periodě, ale s rozdílem fází 90° (tedy třeba proud z dvojfázového generátoru), vytvoří se dvě různá pole magnetická, která dávají magnetické pole výsledné, jehož intenzita je konstantní, jak vysvitne z jednoduché úvahy.



Obr. 6.

Je-li maximální intenzita proudu cívkami procházejícího i_0 , jest intenzita i_1 proudu v první cívce v okamžiku t dána vzorcem

$$i_1 = i_0 \sin \omega t$$

a intenzita proudu v druhé cívce

$$i_2 = i_0 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = i_0 \cos \omega t;$$

těmto intenzitám jest úměrna intenzita H_1 a H_2 vzniklých polí magnetických, tak že lze psáti:

$$H_1 = H_0 \sin \omega t \quad \text{a} \quad H_2 = H_0 \cos \omega t,$$

značí-li H_0 maximální intenzitu pole magnetického odpovídající maximální intenzitě proudové. Tato dvě magnetická pole skládají se v pole výsledné o intenzitě H_r , kterou lze velmi snadno nalézt podle věty Pythagorovy, poněvadž obě pole stojí na sobě kolmo. I platí:

$$H_r^2 = H_1^2 + H_2^2 = H_0^2 (\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t) = H_0^2$$

Intensita pole je tedy konstantní, ale za to směr jeho je proměnlivý; v čase $t = 0$ jest $H_1 = 0$ a $H_2 = H_0$, při čemž směr pole jde od levé ruky k pravé; v čase $t = \frac{T}{4}$ jest $H_1 = H_0$ a $H_2 = 0$, pole tedy míří od shora dolů; v čase $t = \frac{T}{2}$ jest opět $H_1 = 0$, ale $H_2 = -H_0$ tak že směr pole jest od pravé ruky k levé; v čase $t = \frac{3T}{4}$ jest $H_1 = -H_0$, pole míří zdola nahoru, až konečně v čase $t = T$ nastoupí zase tytéž poměry jako na počátku a celý postup se pravidelně, periodicky opakuje. Vidíme tedy, že pole magnetické se trvale otáčí rychlostí ω a směr jeho (t. j. úhel, jež svírá s polohou počáteční) je dán v každém okamžiku rovnicí:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H_1}{H_2} = \operatorname{tg} \omega t.$$

Toto točivé pole magnetické vzniká proudem dvojfázovým, ale podobně lze je způsobiti i proudem třífázovým. Zde musíme užiti tří párů cívek o 60° od sebe odchýlených (jeden pár budiž ve směru vodorovném), do nichž přivádíme proud trojfázový, tak že se vytvoří tři pole magnetická, jichž intensity jsou dány rovnicemi:

$$H_1 = H_0 \sin \omega t$$

$$H_2 = H_0 \sin(\omega t + 120^\circ)$$

$$H_3 = H_0 \sin(\omega t + 240^\circ)$$

Tato tři pole, z nichž složí se pak pole výsledné o intensitě H_r , rozložíme nejprve na složky x ve směru vodorovném a na složky y ve směru svislém, tak že

$$x_1 = H_1, \quad x_2 = -H_2 \cdot \cos 60^\circ, \quad x_3 = -H_3 \cos 60^\circ$$

$$y_1 = 0, \quad y_2 = H_2 \cdot \cos 30^\circ, \quad y_3 = -H_3 \cos 30^\circ$$

Pak tedy

$$H_r^2 = X^2 + Y^2,$$

kdež

$$X = x_1 + x_2 + x_3 \quad \text{a} \quad Y = y_1 + y_2 + y_3$$

Dosadíme-li hořejší hodnoty vypočtené, obdržíme:

$$\begin{aligned} X &= H_0 [\sin \omega t - \sin(120^\circ + \omega t) \cdot \cos 60^\circ \\ &\quad - \sin(240^\circ + \omega t) \cdot \cos 60^\circ] \\ &= H_0 [\sin \omega t - \cos 60^\circ \cdot 2 \sin(180^\circ + \omega t) \cos 60^\circ] \\ &= \frac{3}{2} H_0 \sin \omega t \end{aligned}$$

Podobně;

$$\begin{aligned} Y &= H_0 \cdot \cos 30^\circ [\sin(120^\circ + \omega t) - \sin(240^\circ + \omega t)] \\ &= \frac{3}{2} H_0 \cos \omega t, \end{aligned}$$

tak že:

$$H_r^2 = \frac{9}{4} H_0^2 (\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t),$$

z čehož

$$H_r = \frac{3}{2} H_0;$$

je tedy intenzita pole magnetického opět konstantní. Směr pole je pak dán rovnicí

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{X}{Y} = \operatorname{ctg} \omega t,$$

z čehož patrně, že pole zase se otáčí rovnoměrnou rychlostí ω .

Obě popsaná pole, dvojfázové i třífázové, mají pouze dva póly, avšak na věci nezmění se mnoho, ani když mají póly čtyři nebo osm atd. Při čtyřech pólech na př.

musilo by býti cívek dvakráté tolik než u pole dvoj-
pólového, tak že pro proud dvojfázový by musily býti
od sebe odchýleny o 45° , při trojfázovém o 30° atd.
Pak ovšem nezůstává úhlová rychlost ω točivého pole
stejná, nýbrž je menší, jsouc pro $2p$ -pólové magnetické
pole dána rovnicí $\omega_1 = \frac{\omega}{p}$; je-li tedy frekvence střída-
vého proudu n , otočí se $2p$ -pólové magnetické pole
 $\frac{n}{p}$ krát za vteřinu.

Točivé pole magnetické má některé velmi zajímavé
vlastnosti. Abychom tyto vlastnosti mohli zkoumati, vy-
tvořme si točivé pole pomocí pevného prstenu ovinutého
drátem, do něhož pouštíme proud; do středu prstenu
postavme pak pohyblivou magnetku. Jakmile do závitů
prstenu vpustíme střídavý proud (dvou- nebo třífázový
podle vinutí prstenu), uvede se magnetka v pohyb, sle-
dujíc točivé pole stálou rychlostí potud, pokud proudy
procházejí. Místo magnetky lze dovnitř vložit pohyblivé
železo, jež indukcí stane se magnetickým a rovněž se
otáčí. Podobně i jakékoliv těleso kovové opatřené uza-
vřenými závity otáčí se v točivém poli magnetickém,
poněvadž vznikající indukované proudy, snažíce se (podle
zákona Lenzova) zachovati stav, jaký byl před tím, hledí
zabrániti *relativnímu* pohybu pole vzhledem k onomu
tělesu.

Kdyby Ohmův odpor závitů byl nullový a těleso
by nepřekonávalo vůbec odporu, byla by rychlost jeho
stejná s úhlovou rychlostí pole; musí-li však ve skuteč-
nosti překonávati nějaký odpor (třeba jen značnější tření),
otáčí se pomaleji než ono pole, což má v zápětí vznik
silnějších proudů, jak v další části ještě uvedu.

Na tomto principu zakládají se motory pro proudy střídavé, zvané *motory indukčními* nebo též *asynchronními*.

Účinky točivého pole magnetického pozoroval nejprve A r a g o a to na známém pokuse s měděnou deskou. Otáčíme-li magnetem nad pohyblivou měděnou deskou, uvede se deska v rotaci téhož směru; obráceně zase, otáčí-li se deskou, otáčí se souhlasně i magnet. Zde dosahuje se točivého pole magnetického *mechanickým otáčením* magnetu, kteréžto otáčení r. 1879 nahradil B a i l y střídavou změnou proudu ve dvou párech elektromagnetů, kolmo k sobě postavených. To je tedy jaksi první zmínka o užití dvou proudů o čtvrt periody vzájemně posunutých k účelům motorickým, ale teprve roku 1885 sestavil F e r r a r i s na tomto principu skutečný motor. Hlavní zásluhu však o sestrojení indukčních motorů v praksi upotřebitelných má N i k o l a T e s l a, o rozšíření jich pak známá elektrická společnost berlínská (AEG = Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft) a strojírna Oerlikon (od r. 1891).

Motory tyto skládají se ze dvou částí, z části pevné, zvané *stator*, do které se posílá proud, a z části pohyblivé, zvané *rotor*. Stator, zvaný též kotvou primární, bývá nyní výhradně hotoven ve tvaru dutého válce, na jehož vnitřním plášti jest upevněno vinutí dvou- nebo třífázové podobně, jako bylo uvedeno při vícefázových generátorech. Do statoru posílají se proudy spoutané, tak že na př. stačí pro proudy třífázové pouze tři dráty. Za tím účelem nutno jen trojí vinutí statoru vhodně spolu spojit, a to buď síťově (v trojúhelníku) anebo hvězdovitě. Kostra statoru sama je zhotovena ze železných plechů, aby se zabránilo proudům Foucaultovým.

V dutině statoru otáčí se *rotor*, který může míti tvar velmi různý. Na prvním místě uvedena budiž *kotva*

na krátko spojená (Kurzschlussanker), jejíž nejjednodušší tvar je prstencová kotva Grammova, na níž všechny závitky jsou navinuty jako jeden celek; častěji však se užívá armatury bubnové, která stejně jako kotva u dynam skládá se ze železných plechů a na jejímž obvodu (plášti) jsou vinuty dráty. Místo drátů volí se velmi často měděné tyče, které se prostě vloží na povrch železného jádra armatury rovnoběžně s její osou a na koncích na základnách válce se spojí společným kovovým prstencem, tak že pak rotor má tvar známé klece na veverky, jak se také někdy skutečně nazývá.

Takovéhoto krátkého spojení užívá se jen při motorech menšího efektu až asi do 2—3 *kilowatt*; motory tohoto druhu jsou tedy nejjednoduššími motory vůbec, jelikož nepotřebují ani kolektoru ani sběracích kotoučků ani kartáčků.

Všimněme si nyní blíže pohybu takového motoru. Vpustíme-li do statoru vícefázový proud, vytvoří se točivé pole magnetické. Toto pole indukuje v uzavřeném vodiči — zde v rotoru — proudy, které podle pravidla Lenzova snaží se zachovati dřívější stav; hledí především zeslabiti primární pole statoru podobně jako indukované proudy v transformátoru a stavějí se proti pohybu pole. Jelikož však toto pole musí se otáčet, roztočí se rovnoměrnou rychlostí zároveň i rotor v též směru, v jakém se pohybuje magnetické pole. Chceme-li tedy směr rotace obrátiti, musíme obrátiti směr točivého pole magnetického, což se provede tím, že přeměníme přírodní dráty ve *dvou* svorkách statoru.

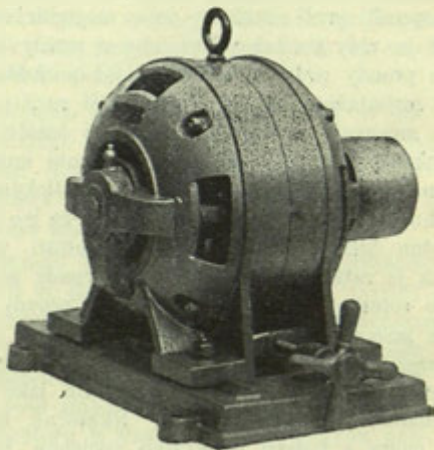
Na první pohled by se zdálo, že se motor bude pohybovati touž rychlostí jako magnetické pole, ale podle toho, což již dříve bylo uvedeno, vidíme, že to není možno. Neboť kdyby se dosáhlo stejné rychlosti pole

i rotoru (soudobosti, synchronismu), nebylo by vůbec relativního pohybu mezi siločarami pole a vodiči na rotoru, což by byl týž stav, jako když pole i kotva klidně stojí. Pak ovšem přestanou indukované proudy a s nimi i tažná síla motoru, jež záleží na intensitě točivého pole magnetického a na intensitě proudu v rotoru (podobně jako u motorů s proudy stejnosměrnými), tak že se vlivem tření a odporu vzdušného motor nutně poněkud opozdí proti otáčení pole magnetického. Toto opoždění je vždy jen tak veliké, aby se mohly indukovati v rotoru proudy právě té intensity, jež potřebnou tažnou silou je podmíněna, tak že, čím je větší zatížení motoru, tím více zmenšuje se jeho rychlost proti otáčivé rychlosti magnetického pole. Je tedy viděti, že tento motor nikdy neběží soudobě (synchronně) s polem magnetickým (odkudž plyne jeho jméno: motor asynchronní) a že jen při chodu na prázdno blíží se jeho rychlost rychlosti pole. Čím větší pak je zatížení a čím silnější proudy se tedy indukují v rotoru, tím více hledí tyto proudy zeslabiti primární pole statoru, což má za následek, že stator, jsa připojen k síti o stálém rozdílu potenciálním, přijímá z venku více proudu zcela podobně jako obyčejný transformátor, dříve již popsany. Skutečně také asynchronní motor s kotvou na krátko spojenou představuje nám vlastně transformátor, ovšem formy neobvyklé, s magnetickým polem nikoliv jednoduše kmitavým, nýbrž otáčivým.

Označíme-li počet obrátek pole magnetického n a počet obrátek rotoru n_1 , pak poměr $\frac{n - n_1}{n} = \sigma$ nazýváme *rozchodem* (Schlupfung), jenž se obyčejně udává v procentech. Při chodu na prázdno je rozchod nejmenší (při dobrých motorech menší než 1%), se zatížením pak

vzrůstá na hodnotu větší, různou podle konstrukce a účelu motoru (střední hodnota obnáší asi 5%, největší asi 10%).

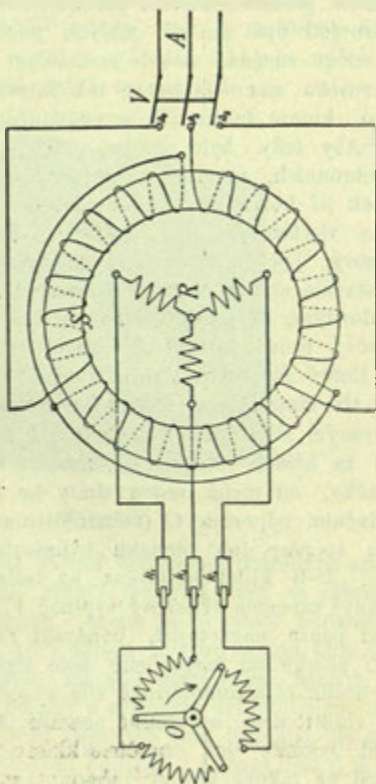
Kotva na krátko spojená, kterou vidíme na obr. 7., jak patrně z uvedeného popisu, má velmi četné přednosti, jsouc nejjednodušším elektromotorem vůbec, ale má také některé nevýhody, pro něž zejména u motorů



Obr. 7.

silnějších nelze jí užiti. Zapneme-li totiž vnější proud do statoru, počne se magnetické pole plnou rychlostí otáčet kolem kotvy dosud tiše stojící; následkem toho indukují se v ní pro nepatrný její odpor velmi silný proud, který primární pole statoru značně seslabuje a tím způsobuje, že i do statoru vchází ze sítě proud velmi silný, třebas i třikrát silnější než normální proud,

pro který je motor konstruován. To trvá ovšem jen krátkou dobu, jelikož kotva se uvede brzy v pohyb a indukovaný proud v ní se zeslabí, ale již ta krátká doba by stačila, že by se silnější motor mohl poškodit. Lze tedy užití kotvy na krátko spojené jen při motorech menších, u nichž počáteční vzrůst intenzity nedosahuje přece hodnot příliš velikých, ačkoliv i zapětí takových motorů projevuje se nepříjemným způsobem (mžiknutím světla), jsou-li k síti připojeny nejen motory, nýbrž i lampy elektrické.



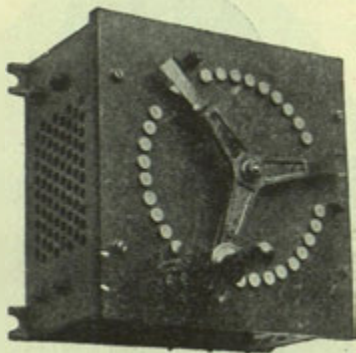
Obr. 8.

Tuto nevýhodu bylo by možno zmírniti tím, že by se do vedení k statoru vložil odpor, jímž by se zmenšila

intensita proudu statorem procházejícího, ale to dalo by se provést opět jen při malých motorech, jichž tažná síla není značná, neboť zmenšením intensity proudu satorového zmenšila by se též intensita pole magnetického, kterou tažná síla je podmíněna.

Aby tedy bylo možno užiti i velikých motorů asynchronních, musí se rotor zařídit zcela jinak; není to pak již kotva na krátko spojená, nýbrž kotva s vinutím vícefázovým. Za příklad uvádím stator i rotor třífázový, jak je naznačen schematicky na obr. 8. *S* představuje stator ve tvaru Grammova prstenu s vinutím hvězdovitým, k jehož třem svorkám $s_1 s_2 s_3$ přivádí se třífázový proud ze sítě *A* pomocí třípólového vypínače *V*. Rotor *R* je vinut rovněž hvězdovitě a volné konce jeho tří vinutí jsou vedeny ke třem od sebe vzájemně izolovaným sběracím kroužkům $k_1 k_2 k_3$, jež jsou upevněny na hřídeli rotoru. K sběracím kroužkům přiléhají kartáčky, od nichž vedou dráty ke třem spouštěcím a regulačním odporům *O* (neinduktivním), které opět jsou spolu spojeny (na obrázku hvězdovitě) pomocí jediné kliky. Je-li klika postavena na isolačních kontaktech, tu, když zapneme třípólový vypínač *V*, prochází statorem proud pouze magnetující, poněvadž rotor nemá seslabujícího účinku na magnetické pole statoru. Indukuje se sice určitá elektromotorická síla v rotoru, ale poněvadž jeho vinutí není uzavřeno, nemůže jím protékat žádný proud. Jakmile však otočíme klikou v rheostatu (celkový pohled na takový kovový rheostat znázorňuje obr. 9.) ve směru ručiček hodinových tak, že zapětím odporu se uzavře vinutí rotoru, počne indukovaný proud procházeti rotorem a tak jej uvede v pohyb. Odpor vyměří se tak veliký, aby proud rotorem v prvním okamžiku procházející nebyl silnější než normální, čímž se dosáhne toho, že ani proud ze sítě jdoucí do statoru nepřekročí nor-

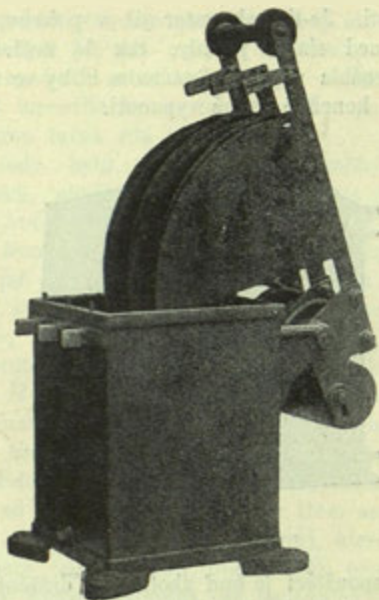
mální velikosti. Je-li pak rotor již v pohybu, indukují se v něm hned slabší proudy, tak že můžeme odpor spouštěcí znenáhla vypínati (otáčením kliky ve směru nanačteném) a konečně úplně vypnouti.



Obr. 9.

Odpor spouštěcí je buď zhotoven z drátěných spirál, jež ovšem musí býti vinuty bifilárně, aby se zabránilo účinkům samoindukčním, anebo je to odpor kapalinový. Tento odpor (obr. 10.) skládá se (pro proud třífázový) ze tří desek železných, jež více nebo méně hluboko se mohou zapustiti do nádoby s roztokem dvojuhličitanu sodnatého. Tyto kapalinové rheostaty jsou lacinější, ale musí se občas v nich vyměňovati kapalina i kovové desky, tak že drátěné rheostaty nepotřebující opravy jsou pohodlnější.

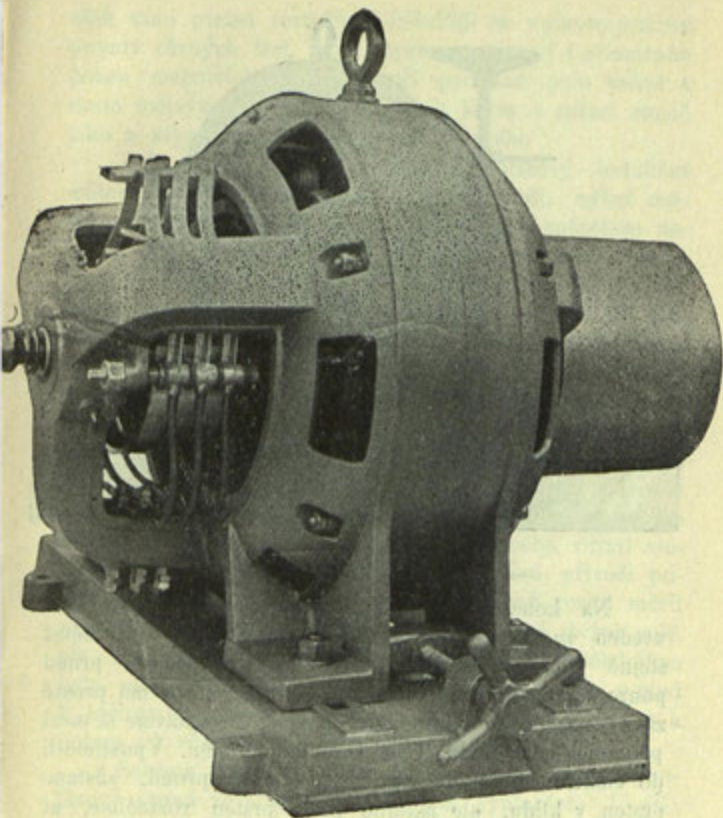
Tvar trojfázového motoru s kroužky a kartáčky vidíme na obr. 11. K tomuto stroji musí tedy býti zvláštní spouštěcí odpor, jenž jest montován buď úplně samostatně, nezávisle na motoru, anebo je k motoru připojen, jak je patrné na obr. 12. V tomto případě možno však



Obr. 10.

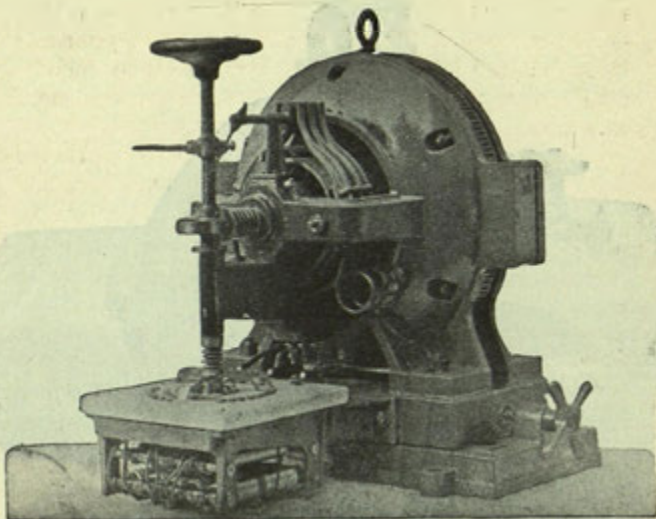
nejenom motor spustiti a pak po rozběhnutí na krátko jej uzavřiti, nýbrž lze též kartáčky zdvihnouti, aby při běžícím motoru zbytečně se netřely.

Avšak u některých motorů lze se obejít vůbec bez zvláštního spouštěcího odporu; jsou to *motory Görgešovy* s protizařazením, jichž kotva má pro každou fázi dvojí vinutí o nestejném počtu závitů. Při spouštění motoru jsou tato vinutí spojena proti sobě, tak že se v nich indukují elektromotorické síly opačného směru; probíhá tedy závit proud nepřilíš silný, ale přece takový, že se motor může rozběhnouti. Když pak nabude určité žádané



Obr. 11.

rychlosti, spojí se všechny oddíly vinutí spolu na krátko a to buď ruční pákou, anebo samočinně pomocí centrifugálního regulátoru.



Obr. 12.

Na konec z motorů s proudy střídavými budiž uveden *motor asynchronní jednofázový*, při němž stejně jako při motorech vícefázových vede se proud pouze do části pevné, kdežto pohyblivá kotva má prostě závity na krátko dohromady spojené. Představme si mezi póly elektromagnetu třeba Grammův prsten. Vpustíme-li do elektromagnetu jednoduchý střídavý proud, zůstane prsten v klidu, ale jakmile sami prsten roztočíme, ať ve směru kterémkoliv, udrží se pak již sám sebou v rotaci a může býti i zatížen, aniž by vyšel z běhu.

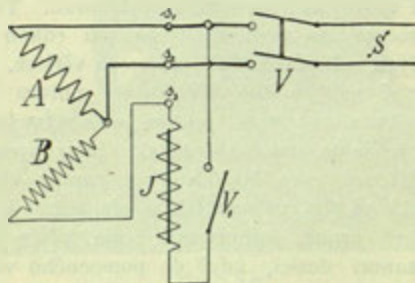
Výklad toho je dosti jednoduchý. Obvyčejný střídavý proud skýtá toliko *kmitavé* pole magnetické, ale nikoli točivé, tak že pouze jím nelze způsobiti rotaci. Jakmile

však sami prsten roztočíme, indukují se v tomto prstenu proudy různých fází, jimiž teprve ve spojení s primárním polem magnetickým se vytvoří potřebné pole točivé a tímto točivým polem udrží se pak kotva v rotaci stejně jako u asynchronního motoru vícefázového

Jak tedy již bylo řečeno, jednofázový indukční motor nemůže se sám od sebe rozběhnouti, nýbrž musíme předem sami pohyb kotvy nějakým způsobem zavést; také není směr rotace nikdy již motorem samým dán, nýbrž záleží na pomocném rozběhnutí. Toto předběžné roztočení lze provést třeba jen rukou při motorech malých, nikoli však při motorech větších. U těchto pomůžeme si nejlépe tím, že kotvu motoru opatříme vedle hlavního vinutí ještě vinutím pomocným (pomocnou fází), tak že je to pak vlastně tak, jako bychom měli motor dvojfázový. Pro dvojfázový motor je však třeba dvou proudů ve fázi posunutých a zde máme k dispozici jen obyčejný proud jednofázový; ale přece i tu lze tohoto posunutí dosáhnouti, když do pomocného vinutí vložíme cívku se značnou samoindukcí, která přivodí potřebný fázový rozdíl. Kdyby tento fázový rozdíl měřil právě čtvrt periody, obdrželi bychom přesně točivé pole, ale ve skutečnosti je tento rozdíl menší. Neobdržíme tedy sice úplné točivé pole, ale přece aspoň popud k točivému pohybu, tak že se kotva sama rozběhne a potom již zůstane v rovnoměrném pohybu.

Schéma tohoto motoru vidíme na obr. 13. Jednofázový proud ze sítě S dvojpólovým vypínačem V přivede se ke svorkám $s_1 s_2$, k nimž je připojeno hlavní vinutí A motoru. Pomocná fáze B , obyčejně z tenčího drátu, je připojena ke svorkám $s_2 s_3$ a její proudovod, do něhož je vepíata samoindukční cívka I , dá se uzavřítí jednopólovým vypínačem V_1 , který leckdy bývá umístěn

přímo na motoru. Má-li se motor rozběhnouti, zapnou se oba vypínače V i V_1 ; když se pak dosáhne žádané rychlosti, otevře se vypínač V_1 , tak že se pomocná fáze B vypne z proudu a motor běží jako asynchronní motor jednofázový. Tažná síla jednofázového motoru při rozběhu není příliš veliká a proto dlužno toho dbáti, aby se rozbíhal nezatížen, a teprve když je pomocná fáze vy-
piata, se zatíží.



Obr. 13.

Shrneme-li stručně vlastnosti jednotlivých motorů na střídavé proudy, vidíme, že ve většině případů jsou nejvýhodnější vícefázové (třífázové) motory asynchronní s kotvou buď fázovou (pro motory větší výkonnosti) anebo na krátko spojenou (pro motory menší výkonnosti), které se vždy samočinně uvedou v pohyb; v nejedné příčině jsou dokonce i výhodnější než motory s proudy stejnosměrnými, tak že skutečně lze je označiti jako motory přímo ideální.

Při asynchronních motorech dlužno ještě zmíniti se o zvláštním transformátoru, zvaném kaskádním, sestro-

jeném od Bragstadta a la Coura, jehož v poslední době počíná se hojně užívatí.

Kaskádní transformátor jest jakýmsi spojením konvertoru s motorgenerátorem. Skládá se totiž z asynchronního motoru (jedno- nebo vícefázového), který je spřažen mechanicky i elektricky s dynamem na stejnosměrný proud; elektrické spřažení provede se tím, že se jednotlivá fázová vinutí rotoru spojí s příslušnými body na stejnosměrné armatuře.

Předpokládejme jednoduchý případ, že asynchronní motor i stejnosměrné dynamo mají stejný počet pólů. Vpusťme pak do statoru asynchronního motoru točivý proud a způsobme, aby rotor běžel na př. s rozchodem 50%. (Rozchod závisí na odporu rotoru, jsa tím větší, čím je tento odpor větší.) Pak přeměňuje se polovička elektrické energie do statoru poslané v energii mechanickou, kterou se rozběhne rotor a spolu s ním i dynamo, jež mechanicky je s ním spřaženo třeba na společném hřídeli, tak že tímto způsobem mění se nám proud točivý ve stejnosměrný, ovšem jen z části, podle rozchodu, kdežto při motorgenerátorech mění se proud veškerý. Druhou polovicí točivého proudu v rotoru indukované rovněž točivé proudy převedou se také do stejnosměrné armatury, jež pak působí jako konvertor a transformuje tuto polovici opět v proud stejnosměrný, tak že úhrnný transformovaný proud skládá se jednak z části vyrobené přímo dynamem, jednak z části transformované tímto dynamem jako konvertorem. Tyto části nejsou ovšem vždy stejně veliké, nýbrž velmi často různě veliké podle toho, jaký se volí vzájemný počet pólů u motoru a u dynama. Proti obyčejnému motorgenerátoru má kaskádní transformátor tu výhodu, že jeho asynchronní motor může býti značně menší než u onoho.

c) Užití elektromotorů v praxi.

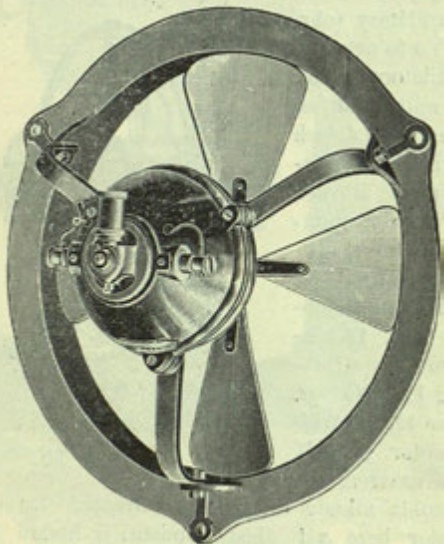
Přejdeme nyní k užití elektromotorů v praxi. Není snad již ani jediného případu, kde by se nedalo elektromotorů užití k pohonu rozmanitých přístrojů; ovšem ve skutečnosti se jich ještě všude neužívá, ale příčina neleží v tom, že by se jich snad vůbec nedalo užití, nýbrž někde v tom, že používání jich bylo by dražší než motorů jiných, jinde pak zase v nemístné konservativnosti, jež starý, od let vyzkoušený způsob nechce nahradit novým, jistě neméně dobrým — ne-li lepším a pohodlnějším. Zejména tam, kde jsou k dispozici větší spády vodní, kde lze tedy s výhodou užití vodních turbin, nelze ani s dostatek doporučit zařizování elektrických centrál, z nichž by se proud elektrický dodával nejenom do nejbližšího okolí, nýbrž i do osad vzdálenějších. V tomto případě jistě by bylo možno vyrábět energii elektrickou v ceně tak nízké, že i méně zámožné vrstvy obyvatelstva mohly by odbírat proud jednak k svícení, jednak k pohonu strojů jak průmyslových, tak i hospodářských.

Někdo snad zalekl by se nákladu potřebného na opatření motoru, ale náklad ten není tak přílišný a kromě toho v krátké době jistě by se nabradil, neboť motorem tím ušetřilo by se i lidských pracovníků, což zejména by mělo veliký význam v hospodářství, kde stále je citelnější nedostatek dělníků hospodářských.

V četných jiných zemích — zejména v sev. Americe, ve Švédsku i jinde — dlouhou dobu pochopen je již význam elektriny pro nejširší vrstvy obyvatelstva a hlavně vodní síly tam využito velmi rozumně a velmi hojně jako hnací síly strojů elektrických; v našich zemích však bohužel jen velice pomalu šíří se pochopení této důležité národohospodářské otázky a tak ještě dosud

ohromné množství energie, obsažené ve vodních proudech, nezužitočkováno — ba spíše často škodí — uniká z našich rukou.

V přítomné době s velikým úsilím počíná se prováděti u nás regulování a kanalisování řek; i lze snad doufati, že aspoň při této příležitosti rozhodující kruhy samy se chopí iniciativy a na vhodných místech — ze-



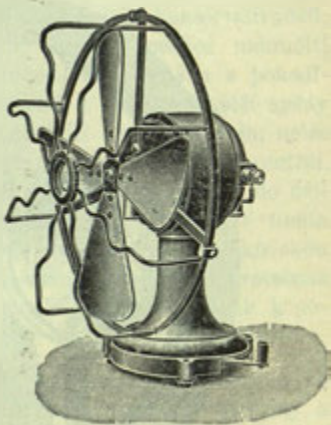
Obr. 14.

jména na př. u údolních přehrad — postarají se o zřízení centrál elektrických, jež by v krátké jistě době se staly dobrodiním pro celé širé okolí.

Jakých elektromotorů se má v praxi užití, záleží na tom, jaký proud je k dispozici; jinak motor s prou-

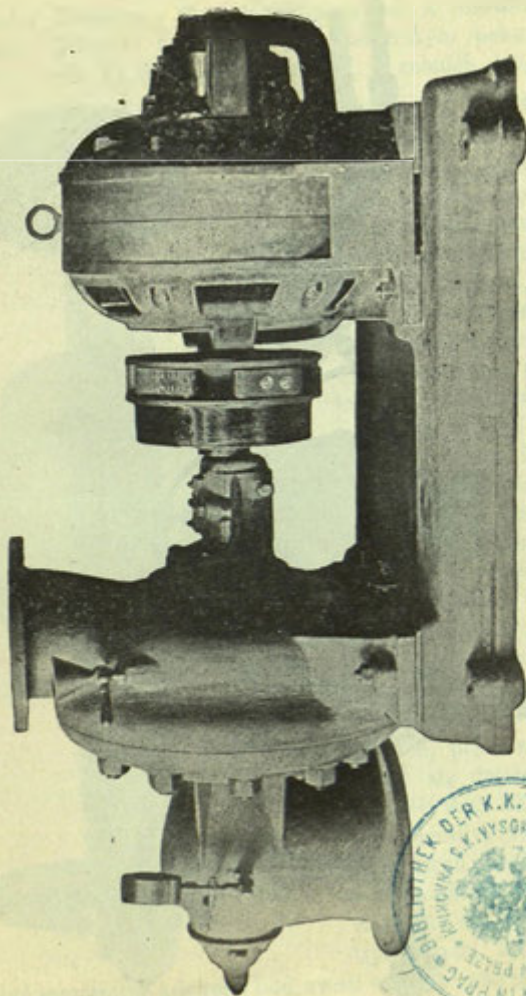
dem stejnosměrným koná stejně dobré služby jako motor s proudem střídavým nebo točivým.

Uvedme nyní stručně aspoň některé případy, v nichž se elektromotorů skutečně používá. Může-li se stroj, jenž má býti poháněn elektromotorem, otáčeti také tak velikou rychlostí, jakou má motor, lze nejpohodlněji spřáhnouti onen stroj přímo s motorem. Tak na př. jsou zpravidla zařízeny ventilátory (obr. 14. a 15.) a to nejenom malé ventilátory stolní, nýbrž i veliké, jakých se užívá na př. v dolech nebo v různých továrnách a pod. Rovněž tak centrifugální pumpy spřahují se s motorem přímo, ať je to již motor s proudem stejnosměrným (obr. 16.) a nebo s proudem střídavým (obr. 17.) Na obr. 17. vidíme též, že trojfázový motor je celý vodotěsně uzavřen, aby voda nemohla nikudy do něho vniknouti; lze tedy takový motor beze vší škody spustiti i hodně hluboko pod zemi a přece tam pracuje úplně spolehlivě.



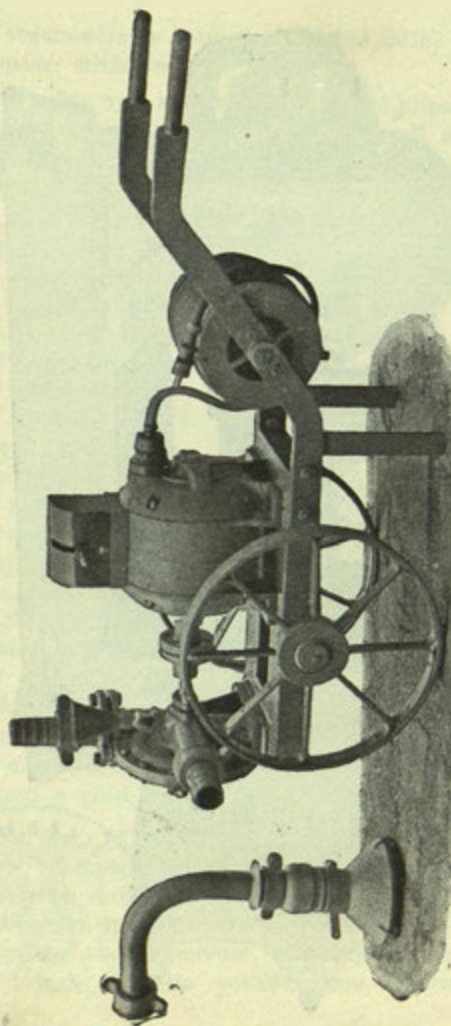
Obr. 15.

Na obr. 18. je vyznačen dvojitý brouscí motor, který je též úplně uzavřen, aby prach nevnikal dovnitř, a na kterém brusy jsou namontovány přímo na prodlouženou osu motoru. Podobně vrtačky spřahují se obyčejně přímo s elektromotory, a to nejen vrtačky veliké, nýbrž i malé, kteréžto poslední jsou opatřeny zhusta



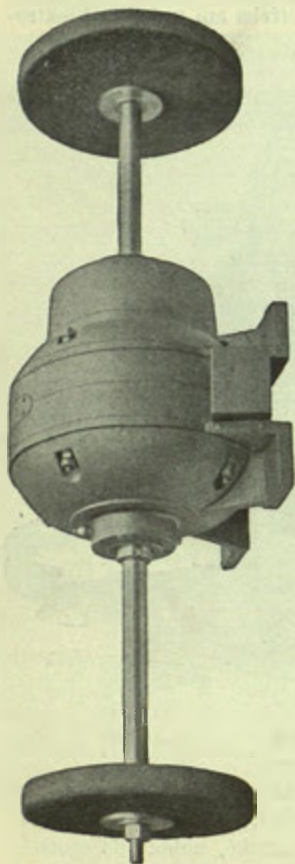
Obr. 16.





Obr. 17.

ohebným hřídelem, aby se mohly zavést k libovolným místům. Takovéto malé vrtačky s elektrickým pohonem můžeme nyní již dosti hojně viděti i u zubních lékařů.

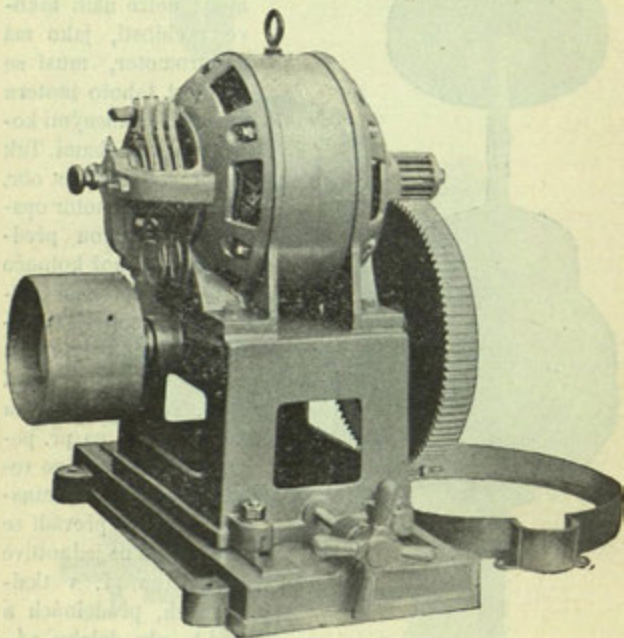


Obr. 18.

Ovšem u strojů, u nichž nelze užiti takové rychlosti, jako má elektromotor, musí se rychlost tohoto motoru zmenšiti ozubenými koly nebo předlohami. Tak na př. lze viděti na obr. 19. samotný motor opatřený ozubenou předlohou, s jejíhož kotouče teprve se přenáší volnější již pohyb řemenovým nebo lanovým převodem na pracovní stroj. Takto upraveným motorem lze na př. pohodlně poháněti ve velikých továrnách transmissi, s níž převádí se pak pohyb na jednotlivé stroje (na př. v tkalcovnách, přádelnách a pod.), ale daleko výhodnější jest, když každý jednotlivý stroj (a nebo aspoň menší skupina strojů) jest opatřen vlastním malým elektromotorem, který lze

úplně samostatně kdykoliv buď uvésti v pohyb nebo zastaviti.

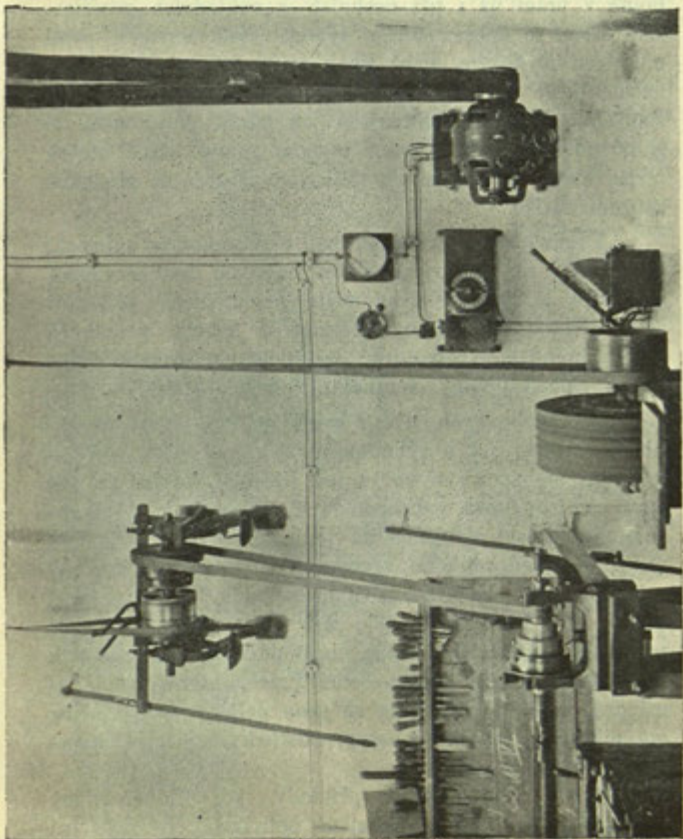
Při takovéto úpravě ušetří se zařízení 'nákladných transmissí, řemenových převodů a pod., na jejichž místo nastoupí pouze přívodní dráty; že zevnějšek i bezpečnost pracovních síní tím jen získá, netřeba ani uváděti. Elektro-



Obr. 19.

motory samy nejsou ovšem zadarmo, naopak náklad na větší jich počet bývá dosti značný, ale proti tomu dosáhneme značné úspory energie elektrické, neboť zde spotřeba její řídí se jen podle toho, kolik strojů skutečně pracuje.

Jak dobře se hodí elektrina i pro maloživnostníka, ukazuje obr. 20., na němž spatřujeme elektrické zařízení truhlářské dílny. Motor se spouštěcími a měřícími pří-



Obr. 20.

stroji je zavěšen na stěně; pohyb jeho přenáší se na transmissi a odtud k jednotlivým pracovním strojům.

Ve větších městech můžeme spatřiti elektromotory hojně v práci již i při osobních a nákladních zdvižích. Zde zvlášť je dobře patrna výhoda elektromotorů proti motorům plynovým, jichž jinak se tu též hojně používá, anebo proti zdvihům hydraulickým; elektromotor totiž spotřebuje energii elektrickou jen tehdy, když zdviž je skutečně v činnosti (motor plynový musí běžeti stále), a spotřebuje té energie jen tolik, co připadá na příslušné zatížení zdviže.

Význam stále vzrůstající mají elektromotory v dolech; dá se totiž jimi pracovati skoro naprosto bez nebezpečí a energii k nim lze i na místa nejodlehlejší přiváděti velmi jednoduše. Proto můžeme již spatřiti v četných dolech hojně elektromotorů, jež pohánějí jednak těžné stroje, jednak pumpy, ventilátory i vrtací stroje.

Tak mohl bych uvéstí ještě velikou řadu rozmanitých strojů, jež s výhodou se dají poháněti elektromotory, ale spokojím se tu jen ještě poukazem na použití elektromotorů v hospodářství, na což se často zapomínává. Často slyšíme na venkově, že pro hospodáře elektrina nemá velikého významu, nejvýš snad jen k svícení, ale není tomu tak. Kdyby se mělo elektriny užití hojněji i u hospodáře, bylo by snad nutno pozměniti poněkud některé jeho stroje, jichž dosud užívá, ale pak by elektrina bravě konala četné práce, které dosud namáhavě musí konati sám se svou čeledí, poháněla by mu mlátičky, řezačky, pumpy, odstředivky, stroje na vymetání mezu a mn. jiné.

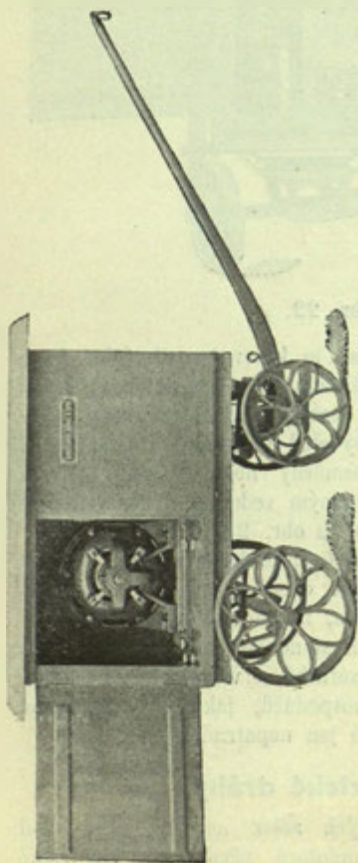
Uvedu zde některé příklady, jak lze elektriny v zemědělství použiti. Zdrojem pohybové energie bývá tu elektrická lokomobila (obr. 21. a 22.), kterou lze

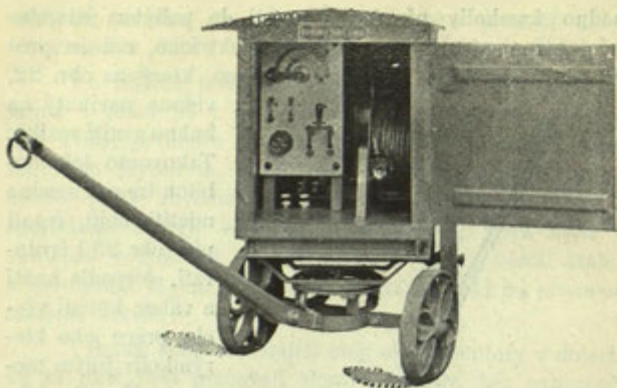
snadno kamkoliv převéztí a uvéstí do pohybu jednoduchým připojením k rozvodné síti elektrické, což se provádí dosti dlouhým měděným kabelem, který na obr. 22.

vidíme navinutý na bubnu uvnitř vozíku. Takovouto lokomobílou lze pak snadno mlátiti obilí, řezati píci (obr. 23.), šrotovati, čerpadla hnáti a vůbec konati všechny práce jako kterýmkoliv jiným motorem. Že pak elektriny lze užiti ještě i jinak, na př. k svícení, k ventilaci — zejména stáží — a pod., netřeba snad ani uváděti.

Obr. 21.

Dokonce může se již i elektricky orati, a to buď pomocí 2 nebo 1 motorového vozu. Nejčastěji užívá se systému s jedním motorem, kde na jednu stranu pole postaví se motorový vozík (obr. 24.), opatřený elektromotorem a rumpálem s bubnem, na nějž se navinuje tažné





Obr. 22.

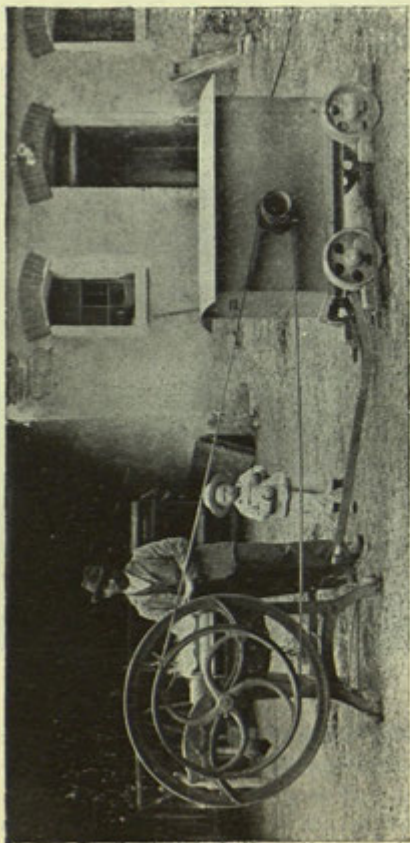
lano. Na druhé pak straně je kotevní vozík (obr. 25.), jenž je pevnou oporou tažnému lanu, jsou na zadní straně silnými kotvami zaryty do země; mezi oběma vozíky pohybuje se vlastní pluh, obvykle překlápavý víceradlicový. Potřebný proud ať stejnosměrný nebo třífázový přivádí se k motoru zpravidla vzdušným vedením, třeba visutými sběrači, jak je znázorněno na obr. 26.

Bude-li tedy v nastávajících dobách využito hojnější měrou i u nás laciné vodní energie, schopné pohánění turbíny a jimi opět dynama, lze se nadíti, že v dohledné době také v našich zemích stane se elektrina věrným a oddaným sluhou nejen továrníkům a velkostatkářům, nýbrž i malých živnostníků a hospodářů, jako je to již hojně v cizině, ale bohužel ještě jen nepatrně u nás.

d) Elektrické dráhy.

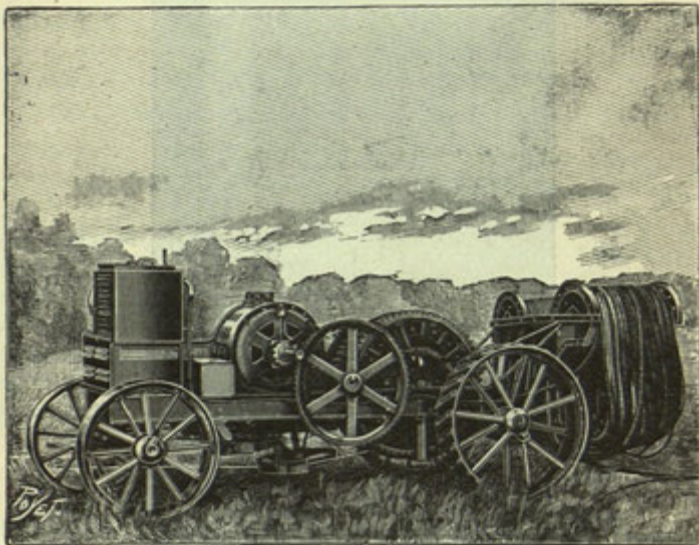
Pro obyvatele velkých měst nejznámější a snad nejdůležitější užití elektromotorů představují elektrické

dráhy. První elektrickou dráhu sestrojil r. 1879 Werner Siemens na výstavě ve Frankfurtě a princip tam užitý stal se základem pro všechny dráhy další.



Obr. 23.

Malá pokusná lokomotiva Siemsenova skládala se v podstatě ze silného dobře krytého elektromotoru, jenž ozubeným převodem byl spojen s koly vozu, která spočívala na kolejích. Proud sbíral si elektromotor kartáčky, které byly přitlačovány k třetí koleji položené mezi oběma kolejemi hlavními, do níž zaváděn byl proud z dynamy; tento proud proběhl pak motorem a koly

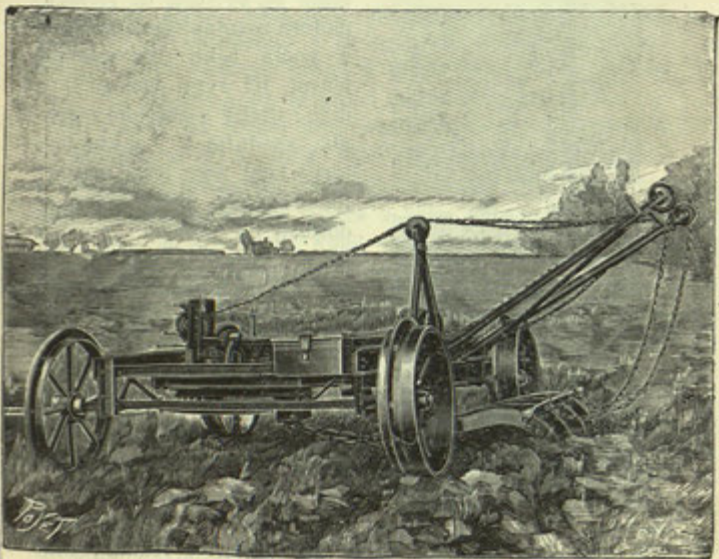


Obr. 24.

a postranními kolejemi vrátil se zpět k dynamu. Jakmile proud dostal se do elektromotoru, roztočila se armatura, tento její pohyb se přenesl ozubeným převodem na kola a zde způsobil pohyb postupný, jelikož kola spočívala určitou adhaesní silou na kolejích, Tato první elektrická

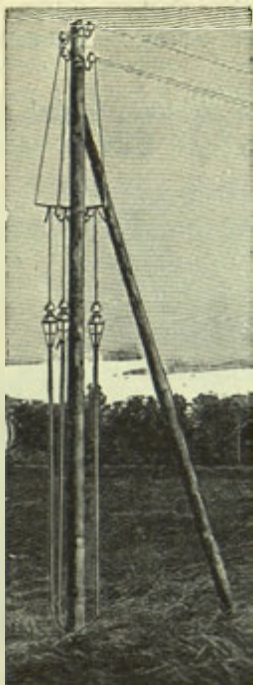
dráha stala se vzorem pro všechny dráhy pozdější, ač ovšem bylo nutno učiniti leckteré změny, jak v dalším bude vyloženo.

Až doposud užívá se ještě elektrických drah nejvíce jako drah městských, v kterémžto případě zpravidla



Obr. 25

motory jsou hnány proudem stejnosměrným, ale znenáhla počíná se — hlavně v cizině — zaváděti elektrický pohon i na menší dráhy místní, ba i na obyčejné dráhy meziměstské, při čemž převládá proud trojfázový anebo jednoduchý proud střídavý.



Obr. 26.

se proud od kladné svorky dynamo do drátu napjatého nad kolejemi. Tento drát ve vhodných vzdálenostech je držen příčnými dráty napínavými, jež izolovaně jsou upevněny buď na dvou proti sobě stojících stožárech anebo na domech. Z drátu tohoto vchází pak proud do vozu tyčí, která, jsouc na konci opatřena kladkou, jest umístěna na střeše vozu a silnými zpružinami je přitla-

Všimněme si nejprve drah nejznámějších, elektrických tramwayí městských. Jak již bylo řečeno, pro pohon těchto drah volivá se obvykle stejnosměrný proud; tento proud může se přivést do elektromotoru rozmanitým způsobem a podle toho rozeznáváme hlavní tři typy elektrických drah: dráhy s vedením svrchním, spodním a s akumulátory. Jsou sice ještě některé jiné způsoby, jimiž proud se dostává do motoru — tak na př. vedení kontaktní, jehož po nějakou dobu bylo užito v Praze na Karlově mostě — ale způsoby ty buď se vůbec špatně osvědčují v praxi, anebo se volí jen ve zvláštních případech, takže není třeba obšírněji se o nich zmiňovati a stačí vyložití jen ono trojí vedení.

Při vedení svrchním, zvaném též trolleyovým, vede

čována k drátu, po němž ona kladka (anglicky zvaná trolley; odtud název: trolleyové vedení) při jízdě se pohybuje. Místo tyče s kladkou užívá se velmi často velikých drátěných smyček, třmenů, jež mají tu výhodu, že ani na zatačkách ani na výhybkách nevyběhnou od drátu přírodního, jak se u kladek stává velmi často; nevýhodou jejich však jest, že se na dotykovém místě velmi rychle opotřebují a že se proto často musí obnovovati. Tyčí vede se proud k střeše vozu a odtud izolovaným drátem (aby se proud nedostal do kovové kostry vozu a tudy do země) přes regulační odpor, zvaný zde *kontrolérem*, do motoru, který jest umístěn pod vozem a ozubeným převodem je spojen s koly. Druhý pól tohoto motoru je spojen vodivě s osou vozu a tím ovšem též s koly a kolejemi, které zase na konci v centrále jsou spojeny se záporným pólem dynama.

Jelikož koleje tvoří druhou část proudovodu, musí býti jejich jednotlivé díly spolu dobře vodivě spojeny a proto obyčejně bývají na styčných místech opatřeny měděnými plechy nebo též silnými dráty.

Svrchní vedení nedělá se však z jediného spojitého kusu drátu a také proud nevede se jen k počátku drátu pro celou trať. Kdyby se totiž někdy náhodou přetrhl trolleyový drát, byla by bez proudu celá trať a doprava by byla přerušena. Kromě toho musil by tento drát býti značně tlustý, aby snesl i ty silné proudy, které drátem proběhnou zejména při současném zapětí více vozů na téže trati, což se náhodou může velmi snadno státi. Proto zavádí se proud do zvláštního vedení napájecího, jež v podobě silného kabelu je položeno pod zemí, a teprve z tohoto kabelu je pak veden na určitých místech, zvaných body napájecími, k trolleyovému drátu, jenž je rozdělen v jednotlivé spolu nespojené části tak

dlouhé, jak jsou od sebe vzdáleny napájecí body. Místa ta jsou od sebe různě daleko (podle vlastnosti trati 200—500 *m*) a poznáme je na př. u pražské elektrické tramwaye podle skříněk, jež v těchto místech na stožárech anebo na domech jsou upevněny.

Do této skřínky vede se drát z podzemního kabelu k vypínači, jenž tvoří počátek jedné části proudové; odtud pak vychází jiný drát, jenž se připojí k počátku trolleyového drátu, na příčných drátech upevněného. Tímto zařízením je velice usnadněna úprava poškození trati a pod. Přetrhne-li se na př. někde trolleyový drát, vypne se rychle vypínač, jímž posílá se proud do této části, tak že celý díl trati je sice bez proudu, ale na celé ostatní dráze může se doprava díti bez přerušení.

Další výhodou ještě jest, že trolleyový drát může býti poměrně dosti slabý, neboť tvoří pouze jednu větev proudu, kdežto úhrnný proud jde vedením napájecím.

Svrchní vedení u elektrických drah je dosud nejjistější a také nejvíce se ho užívá, byť i často aesthetické důvody mluvily proti němu, jak můžeme pozorovati zejména všude na větších křižovatkách (v Praze na př. na obou koncích náměstí Václavského i j.) I upravuje se to v mnohých městech tak, že svrchní vedení ponechává se jen v odlehlejších částech města, kdežto přes mosty anebo v elegantních čtvrtích užívá se buď vedení spodního anebo vozů s akumulátory.

Rozdíl mezi vedením svrchním a spodním v podstatě je jen ten, že při spodním vedení je přívod proudu umístěn pod zemí. Za tím účelem jedna kolej je složena ze dvou rovnoběžných částí, mezi nimiž je volná mezera, tak aby od spodku vozu mohla jí procházeti vhodně upravená kontaktní tyč do betonového kanálku, který je veden

po celé délce trati pod kolejí. V tomto kanálku na izolčních oporách je po obou stranách upevněno dvojí vedení proudové ze silného úhlového železa, k němuž se přitlačuje silnou zpružinou od spodku vozu jdoucí tyč, která je na konci opatřena kontaktní ložkou. Tato ložka je v podstatě svislé prkénko, které na dolní části nese dvě křídla, opatřená kovovými kontakty, jež zpružinou jsou přitlačována k uvedenému již dvojitému vedení. Do tohoto vedení vpouští se proud z dynama, sbírá se kontaktní ložkou a odtud se přivádí pomocí tyče přes kontrolér do motoru a z něho k druhé koleji nebo po případě k samostatnému izolovanému vodiči, jenž je spojen s druhým pólem dynama. Výhradně spodního vedení užila firma Siemens a Halske při elektrických drahách v Budapešti, častěji však užito je vedení obojího, i spodního i svrchního (jako na př. ve Vídni), tak že vozy pojíždějící na trati s obojím vedením musí býti opatřeny nejen kontaktní ložkou spodní, nýbrž i hořejší tyčí s kladkou nebo smyčkou. V tom případě je ve voze opatření, že se v té době, kdy se užívá svrchního vedení, ložka úplně vyzdvihne nad koleje, a drží se tam tak dlouho, dokud zase se nemůže použiti vedení spodního.

Spodní vedení přirozeně je značně dražší než vedení svrchní a zejména pro severnější města má tu značnou nevýhodu, že v zimě kanálky velmi snadno se mohou zanést sněhem a tím doprava se přeruší.

Třetí druh městských drah jsou *dráhy akumulátorové*, u nichž každý vůz energii potřebnou k pohonu veze si sám s sebou a které tedy nepotřebují vůbec přívodních drátů nad kolejemi napjatých. Drah těchto užívá se však velmi málo, zejména má-li býti celá trať projížděna jen pomocí akumulátorů. Kapacita akumulátorů vystačí totiž jen na určitou, poměrně krátkou dobu, po

kteřé se musí akumulátory znovu nabít; poněvadž však nabíjení trvá dosti dlouho, upravuje se to tak, že na konečné stanici vybité akumulátory se vyjmou a nahradí akumulátory čerstvými, tak že vždy nějaké akumulátory musí býti v zásobě pro výměnu.

Častěji již užívá se akumulátorů na tratích smíšených, kde je též užito vedení svrchního; tam totiž akumulátory dodávají energii elektrickou na trati většinou kratší, tedy po dobu poměrně dosti krátkou, kdežto po ostatní čas vchází do vozu proud z dynamy pomocí trolleyového drátu. Při tom zároveň lze věc zařídit tak, aby současně i akumulátory byly nabíjeny a tím hrazena byla energie jimi vydaná. Vždy však mají akumulátorové dráhy značnou nevýhodu tu, že se jimi příliš zvětšuje mrtvá váha vozu, tak že není naděje na větší jejich rozšíření, dokud se nepodaří zhotoviti akumulátory značně lehčí, než jsou nyní.

U všech drah elektrických právě uvedených přivádí se proud o napětí nejčastěji 500 volt k motoru, jenž jest umístěn na spodku vozu. Motor jest obyčejně čtyřpólový seriový a jest úplně uzavřen, aby byl chráněn proti pouličnímu prachu a smetí. Obal utvořen je ze dvou polovicí, aby bylo možno jej otevřítí a provésti nutné opravy, a na každé polovici jsou vedle sebe dva póly magnetické. Poněvadž motor sám o sobě běží příliš rychle, nutno otáčecí rychlost vozových kol učiniti menší, což se provede ozubeným převodem, u něhož menší kolečko je na ose motoru. Upevnění motoru ke spodku vozu bývá v podrobnostech u různých soustav různě provedeno.

Proč se užívá u elektrických drah motorů seriových, plyne z výhod těchto motorů, jež byly uvedeny již dříve: je to veliká tažná síla při zapětí motoru a tedy při vy-

jízdy vózu, které skutečně velice je zapotřebí, samostatná změna rychlosti se zatížením a stoupáním dráhy, tak že spotřeba energie zůstává přibližně konstantní, a konečně velmi pohodlná regulace rychlosti vůbec.

Pro tuto regulaci užívá se vhodně upravených odporů, jež slouží *kontroléry*. Má-li vůz pouze jeden motor, není takový kontrolér v podstatě nic jiného než obyčejný spouštěcí odpor, ovšem zvláštního poněkud tvaru. Jednotlivé kontakty, jimiž lze různé odpory do proudu vepnouti, jsou namontovány na plášti svislého kruhového válce, jenž se dá nahoře otáčet klikou. K těmto kontaktům při otáčení mohou přilehnouti kovové kartáčky nebo zpružiny, pevně přidělané k vnitřnímu plášti druhého většího válce, jenž první pohyblivý válec obklopuje. Kliku pohyblivého válce stojí v klidu na určitém kontaktu a míří na hořejší základně velkého válce k místu, jež jest označeno slovem »Stůj«. Otočí-li se pak v jednu stranu, (jež bývá označena slovem »Jízda«) k nejbližšímu kontaktu, upraví se spojení tak, že proud vchází již do motoru, ale dříve projde veškerým odporem kontroléru, tak že je rychlost motoru nejmenší; otáčí-li se klikou v též směru dále, vypíná se postupně odporu stále více, až konečně se vypne celý odpor a motor běží nejrychleji.

Má-li vůz dva motory, lze měniti rychlost též různým zařazením těchto motorů, a tu obyčejně kontrolérem zařadí se nejprve oba motory za sebou, načež otáčením kliky vypíná se postupně všechen odpor; otáčí-li se pak ještě dále, přepnou se tím motory vedle sebe, s počátku též přes určitý odpor, potom stále přes odpor menší, až konečně na krátko, čímž dosáhne se rychlosti největší.

Často je však nutno změniti též směr jízdy, což lze učiniti změnou směru proudu buď v magnetech nebo

v armatuře, ale nikoliv současnou změnou v obou částech. Za tím účelem je na kontroléru ještě druhý válec, zvaný *reversní*, který jest umístěn v témže obalujícím velkém válci a dá se ke zpáteční jízdě postavit buď samostatnou klikou (jež se pak musí otočiti na místo označené slovem: »Vzad«) anebo někdy též otočením hlavní kliky v tu stranu, která bývá označena »Brzda«.

Reversním válcem lze pohnouti jen tehdy, když hlavní válec je v poloze střední (»Stůj«), kdežto hlavním válcem může se otáčet jen tehdy, když reversní válec je postaven buď pro jízdu vpřed nebo vzad, ale nikoliv ve středu.

Vozy mohou se zabrzdit buď brzdou ruční nebo pneumatickou nebo elektrickou; v tomto případě uzavře se proudu přístup do rozjetého motoru tím, že se hlavní klikou otočí ve směru, »Brzda« vyznačeném, čímž se vinutí motoru spojí v uzavřený celek. Jelikož pak vůz setrvačností pohybuje se ještě dále, otáčí se i motor, ale účinkuje tu jako generátor a vyrábí proud, jenž jsa namířen proti původnímu pohybu pomáhá motor zastavit. Proud při tomto pohybu motoru vyrobeného lze užiti též pro zabrzdění přívěsných vozů; pošle se totiž tento proud do velikých solenoidů, upevněných na těchto vozech, a tím vtáhne se do jejich vnitra železné jádro, které vhodným převodem zabrzdí kola.

Při drahách dosud popsáných užito bylo vesměs proudu stejnosměrného ve způsobu dvojvodiče; leč i trojvodič přichází k platnosti, a to zejména při místních drahách, které vedle motorového vozu mají ještě často řadu vozů závěsných jak osobních, tak nákladních. Příkladem takovéto dráhy může býti česká dráha místní Tábor—Bechyně (dlouhá 24·24 *km*), provedená firmou Křižíkovou v Karlíně.

U této dráhy užito bylo původně proudu o napětí $2 \times 700 \text{ volt}$, jenž vychází z trojvodičového dynama v Táboře, a to tak, že střední svorka je spojena s kolejemi a obě krajní s dvěma od sebe izolovanými dráty přívodními napiatými nad kolejemi. Je tedy napětí mezi oběma svrchními dráty 1400 volt , kdežto mezi kolejemi a kterýmkoliv svrchním drátem pouze 700 volt . Vozy jsou opatřeny čtyřmi motory, které při rozjíždění jsou všechny zaplány za sebou, ale potom při další jízdě rychlejší po dvou vedle sebe tak, aby jen jedním pólem byly připojeny k vnějšímu vodiči (svrchnímu drátu). Tímto uspořádáním dosáhlo se bezpečné dopravy i při nedokonalém dotyku mezi koly vozu a kolejemi (na př. v zimě při zasněžení kolejí), neboť pak přímo jeden svrchní drát přivádí a druhý odvádí proud o potenciálním rozdílu 1400 volt ; při tom ovšem každý motor zase má rozdíl potenciální jen 700 volt , stejně jako při plném trojvodiči. U této dráhy zároveň hned s počátku bylo pamatováno na to, aby se rozdíl potenciální mezi oběma svrchními dráty mohl zvýšiti na obnos asi dvojnásobný, na 2600 volt , kterým nyní motory se ženou.

Jedná-li se o pohon elektrických drah na velikou vzdálenost, nehodí se stejnosměrný proud z důvodů, jež vytčeny byly již v I. díle; i užívá se tedy buď jednoduchého proudu střídavého anebo i proudu trojfázového. Při jednoduchém proudu střídavém bývá napětí na místních drahách asi $3000\text{--}6000 \text{ volt}$, při pokusných jízdách na obyčejných velkých drahách dokonce 15 až 22 tisíc volt ; tak vysoko napiatý proud nemůže se ovšem pustiti přímo do motoru a proto nejprve se ve voze samém obyčejnými transformátory uvede na nižší napětí a odtud teprve se motor napájí. V Rakousku provedena je dráha tohoto způsobu firmou AEG (All-

gemeine Elektrizitäts-Gesellschaft) u Innsbrucku (ve stujbajském údolí), kde jednofázový proud o napětí 2500 *volt* se transformuje na 525 *volt* a pohání repulsní motory jednofázové, jež již dříve na str. 19. byly popsány.

Avšak pro elektrické dráhy lze užiti konečně i trojfázového proudu, kterýžto způsob jest ovšem dosti drahý (vyžaduje při vyšším napětí tři drátů přírodních), ač zase na druhé straně má leckteré výhody. Za příklad tohoto systému uvádím pokusnou rychlíkovou trať vojenskou mezi místy Zossen a Marienfelde u Postupimě, na které bylo dosaženo průměrné hodinové rychlosti asi 210 *km*. Proud točivý o napětí 10—14 tisíc *volt* odebírá se tu třemi kontaktními třmeny, jež se strany jsou přitlačovány ku přírodním drátům, a svádí se do transformátorů ve voze, kdež se přeměňuje na nižší napětí; teprve tímto méně napiatým proudem pohybují se dva trojfázové motory, jež podobně jako u obyčejných drah elektrických jsou umístěny na spodku vozu.

Vedle této pokusné trati je však v novější době provedeno již více drah na pohon proudem trojfázovým, při nichž zpravidla lokomotiva je provedena jako samostatný vůz (podobně jako parní lokomotiva u obyčejných drah) a veškeré vozy osobní i nákladní jsou pouze vozy přívěsnými.

Elektromotorů lze užiti také u jiných dopravních prostředků, ne pouze u drah, jež mají vlastní koleje; jsou to hlavně omnibusy, automobily nebo i čluny elektrické. Jak se zde pohyb zjednává, je z předešlých výkladů také snadno pochopitelné; potřebný pak proud dodává se nejčastěji z akumulátorů, jež vůz anebo loď si veze s sebou. Jen pro omnibusy bývá leckdy upraveno svrchní vedení, jež se ovšem musí skládati ze dvou od sebe izolovaných drátů, poněvadž zpětné zemní vedení bez kolejí není možné.

X. Tepelné a světelné účinky proudu elektrického.

Ze všech aplikací elektřiny nejznámější a nejrozsířenější jest elektrické světlo, zakládající se na teple, vzniklém elektrickým proudem.

Jak již v I. díle bylo uvedeno, koná proud, procházející nějakým vodičem, práci P , jež je dána rovnicí:

$$P = V i t,$$

značí-li V rozdíl potenciální na koncích tohoto vodiče, i intensitu proudu a t dobu, po kterou proud prochází. Je-li vodič, jímž proud probíhá, vodičem první třídy, přeměňuje se veškerá práce jeho v teplo, jehož množství M lze snadno z předešlé rovnice stanoviti. Víme, že 1 kalorie = 4·2 joule a tedy obráceně 1 joule = 0·24 kalorie, i lze psáti:

$$M = 0·24 V i t \text{ kal.},$$

je-li V dáno ve voltech, i v ampérech a t ve vteřinách. Poněvadž pak podle zákona Ohmova platí: $V = R i$, značí-li R odpor vodiče (zde v ohmech vyjádřený), vypočte se konečně množství tepla podle rovnice:

$$M = 0·24 R i^2 t \text{ kal.}$$

Z této rovnice vidíme, že množství tepla proudem vzniklého stoupá s druhou mocninou intensity a první mocninou odporu, tak že za stejných jinak okolností tím větší množství tepla se vyvinuje, čím je drát tenčí. Proto tedy volíme přírodní dráty vždy co možno tlusté, aby ztráty upotřebitelné energie elektrické ve vedení byly co nejmenší. Jinak lze těmto ztrátám zabrániti též zmenšením intensity proudové, což se provádí u střídavého proudu pomocí transformátorů, jak bylo podrobněji vyloženo v I. díle.

Tohoto oteplování drátu, které při převádění onergie elektrické do dálky znamená vždy ztrátu energie a které tedy vždy snažíme se co nejvíce omeziti, lze s velikou výhodou použiti v praxi k rozmanitým účelům, z nichž na prvním místě budiž uvedeno elektrické světlo.

a) Elektrické světlo žárové.

Protéká-li nějakým drátem elektrický proud, vzniká v něm — jak již bylo pověděno — určité množství tepla, jehož účinkem se zvyšuje temperatura tohoto drátu. Veškeré teplo ovšem v drátě nezůstane, nýbrž vyzařuje se též z části do okolí. Proto také zvyšování teploty nejde do nekonečna, nýbrž po určité době nastává teplotná rovnováha, která trvá tak dlouho, pokud se nezmění buď poměry elektrického proudu anebo temperatura okolí. Volíme-li však intensitu proudu dostatečně velikou a odpor drátu dosti značný, lze toho dosíci, že drát dodaným teplem a plynoucím z toho zvýšením teploty rozžhaví se snad až do běla a svítí. Tím zdálo by se elektrické osvětlení býti rozřešeno, ale pro praktické použití bylo třeba ještě mnoho práce a zdokonalování, než první lampy žárové byla hotova.

Jak již z tohoto úvodu je patrné, patří žárové světlo elektrické k *světlu normálnímu* čili *teplotovému*, t. j. k takovému světlu, jež je podmíněno pouze teplem. O tom snadno se můžeme přesvědčiti pokusem. Vezmeme platinový drát a vpustíme do něho proud, jehož intenzitu můžeme rheostatem měniti. Pokud prochází slabý proud, nevidíme okem svým nic zvláštního, platina zůstává zdánlivě nezměněna, ale dotkneme-li se jí prstem, poznáme, že se zahřívá a to tím více, čím silnější proud vypouštíme. Teplo její ovšem šíří se i do okolí, což můžeme konstatovati jemnými teploměry; i vykládáme zjev tento tím způsobem, že platinový drát vysílá v tomto případě pouze vlny tepelné, étherové vlny značné délky, kterých zrakem svým nemůžeme postřehnouti právě tak, jako sluchem zase nevnímáme tónů hlubších (a tedy s většími délkami vln vzduchových) než subkontra—C. Sesílíme-li proud elektrický, vrůstá teplota drátu a tu při teplotuře kolem 400°C v zatemněné místnosti mohli bychom jej již i spatřiti (ovšem ještě velmi obtížně), což je znamením, že vedle vln tepelných vysílá již i vlny světelné, které jsouce kratší působí také na sítnici našeho oka. V tom okamžiku spatřili bychom drát v neurčité barvě šedavé, jež však hned zmizí, jakmile se pokusíme ji fixovati. Sesilujeme-li proud ještě dále, stává se drát již zcela zřetelně viditelným, nejprve v barvě temně červené a pak stále jasnější, až konečně nabude barvy skoro bílé.

Rozložíme-li bílé světlo tohoto drátu spektrálním přístrojem, poznáme, že není to světlo jednoduché, nýbrž světlo složené podobně jako světlo sluneční, a že tedy vzniklo tím, že k původním viditelným červeným vlnám přidaly se vlny další: oranžové, žluté, zelené, světle modré, tmavě modré a fialové, vlny stále kratší, jichž všech soubor dává dojem světla bílého. Za fialovými

vlnami vznikají ještě další vlny, které jsou opět neviditelné jako vlny před barvou červenou; vlny ty slují vlnami *ultrafialovými* a vyznačují se zejména mohutnými účinky chemickými. Vlny tepelné před červeným koncem spektra shrnujeme pod názvem vln *infračervených*.

Pravil jsem, že při dostatečném sesílení proudu nabude platinový drát barvy skoro bílé; ještě jasnějšího světla však již nenabudeme, poněvadž dalším zvětšením intensity proudové a tím i teploty drát by se roztavil. Dospíváme tedy tím k důležitému poznatku, že hmota nějaká vysílá tím jasnější světlo, čím vyšší teploturu snese, čím výše leží její bod tavení.

Žhoucí těleso vysílá do okolního prostoru paprsky jednak viditelné, jednak neviditelné. Chceme-li tedy takového tělesa užiti k hospodárnému svícení, musíme hleděti, aby jednak sneslo teploturu hodně vysokou, ale aby také jeho viditelné záření bylo co možno velikým dílem záření úhrnného. Ideálním zdrojem světelným byl by tudíž takový, jenž by vysílal jen záření viditelné bez vln tepelných, záření *studené*, ale bohužel zdroj aspoň přibližně takový známe pouze ve světlušce americké; ta skutečně vysílá — jak četnými pokusy je dokázáno — skoro výhradně jen vlny viditelné, ale jakým způsobem je získává, je neznámo, tak že světlo to v praxi napodobiti nedovedeme. V nové době některé zdroje umělé tomuto ideálnímu záření dosti mnoho se přibližují, ale jsou značně drahé, a proto musíme se dosud spokojiti světlem normálním, ačkoli víme, že jen nepatrná část energie, ve formě záření vysílané do okolí, se nám projevuje jako světlo.

Tak na př. při světle petrolejovém pouze asi 1·6% veškeré zářivé energie dostáváme jako světlo a u ply-

nového světla Auerova asi 2⁰/₀, kdežto ostatní část (98·4⁰/₀, resp. 98⁰/₀) je záření jiného druhu, zejména tepelné, jež na naše oko nepůsobí a které tedy jen jako nutné zlo u světelných zdrojů musíme přijímati. U světla elektrického, zejména u některých druhů lamp obloukových, jsou poměry tyto daleko příznivější, tak že dokonce až 44⁰/₀ veškeré energie zářivé dá se využití pro světlo, jak v dalším ještě bude vyloženo. Číslo, udávající poměr mezi zářením viditelným a úhrnným, sluje *světelnou výkonnost* zdroje. Když však zkoumáme, v jakém poměru je energie viditelného světelného záření *k veškeré energii*, kterou zdroj světelný *spotřebuje* (ne kterou vydává), když tedy hledáme *celkovou výkonnost* světelného zdroje, dojdeme k číslům ještě daleko menším; tak na př. pro světlo petrolejové měří tato výkonnost pouze 0·29⁰/₀₀, pro světlo Auerovo 0·18⁰/₀₀.(!)

Obraťme se nyní zase k výkladu žárových lamp elektrických. Za účelem jejich výroby obrácena byla nejprve pozornost k látkám, jež se taví při teplotě hodně vysoké; byly to kovy skupiny platinové, zejména sama platina, tavící se teprve při teplotě 1782⁰ C, a iridium s bodem tavení 2000⁰ C. Netrvalo však dlouho a užilo se raději uhlíku, jenž ani při obrovské teplotě přes 3000⁰ C se netaví, tak že se pro elektrické světlo hodí velice dobře; aby pak na volném vzduchu se nespojoval s kyslíkem a rychle neshořel, uzavřen byl do vzduchoprázdného prostoru.

První zmínku o elektrické lampě žárové čteme již asi z r. 1836, od kteréž doby v krátkých intervalech objevovaly se stále nové a nové návrhy na prakticky upotřebitelné lampy žárové, ale žádná z nich se neosvědčila. Teprve r. 1878 Američan Swan popsal podrobně lampu žárovou, přibližně již téhož tvaru, jakého se nyní

užívá, totiž lampu, v níž uhlíkové vlákno stočené v jednoduchou smyčku rozžhavilo se proudem ve skleněné baňce co možno vzduchoprázdné.

Skoro současně se Swanem zhotovil Edison žárovku s vláknem platinovým, žhoucím též ve vzduchoprázdném prostoru, když před tím konal již delší dobu bojně pokusy s rozmanitými těžko tavitelnými kovy jinými. Později uznal však sám, že daleko lépe než platina hodí se uhlík, a tak tedy již r. 1879 obdržel patent na žárovku, v níž vlákno bylo ze zuhelnatělého papíru; konečně pak v prosinci r. 1880 dal si patentovati lampu s vláknem z bambusu připraveným.

Edison nemůže tedy býti považován za prvního vynálezce žárovky, ale přece rozvoj žárového světla elektrického je nerozlučně spojen s jeho jménem, protože jeho žárovky, jež r. 1880 veřejnosti byly odevzdány, byly první lampy dokonale prostudované a schopné praktického užití.

Jak Edison své lampy hotovil, není třeba zvlášť uváděti, neboť neliší se to mnoho od nynější metody, kterou tuto podrobněji popíši. Nyní nehotoví se již uhlíková smyčka z bambusu, nýbrž z cellulosity. Za tím účelem rozpustí se v roztoku chloridu zinečnatého bavlna a vzniklý roztok (umělá cellulosa) zavaří se ještě, až dostatečně zhoustne, načež se protlačí jemným sítem v dlouhá tenoučká vlákna, jež se zachycují v nádobě lihem naplněné, aby ztverdla. Tato vlákna rozstřihají se pak na potřebně dlouhé kusy a stočí se v podobě podkovy nebo smyček a na to se zuhelnatí, karbonisují. První zuhelnatění provede se v karbonisačních pecích, v nichž se vlákno praží jsouc obklopeno kolkoem uhelným práškem, aby se zabránilo přístupu vzduchu. Vlákno vyšlé z karbonisační pece má již určitý tvar, je dosti pevné, ale

nemusí míti ještě všude stejnou tloušťku, čehož nutno dosáti, aby zhotovená lampa byla trvanlivá. Za tím účelem spojí se uhlíková smyčka s dvěma drátky platinovými (platiny užívá se pro připojení uhelného vlákna proto, že má stejný koeficient roztaživosti jako sklo, tak že může býti přímo do skleněného obalu lampičky zatavena), vloží se do ústředí bohatého uhlíkem (na př. do svítiplynu, do petroleje nebo pod.) a pak se jí pustí proud. S počátku je na spojovacích místech mezi uhlíkovým vláknem a platinou špatný dotyk, tak že se tam staví elektrickému proudu v cestu značný odpor; podobně větší odpor kladou i ona místa, jež při karbonisaci vypadla proti ostatním tenčí a na těchto místech podle výkladu, na počátku této kapitoly uvedeného, temperatura se značně zvýší, až třebas ona místa počnou žhnouti. Tu ze svítiplynu anebo z petroleje na těchto místech začne se vylučovati uhlík, a to tak dlouho, až v celém rozsahu je vlákno stejně silné a tedy má všude stejný odpor a až i na spojených místech upraví se dobré vodivé spojení. Takto připravené homogenní vlákno uhelné zataví se platinovými drátky do skleněné hruškovité nádoby, z níž pak dobrými rtuťovými vývěvami se vzduch co nejdokonaleji vyčerpá, načež se lampička zataví

V novější době připojují se uhelná vlákna nejprve k drátům niklovým a teprve tyto spájejí se s platinovými dráty, ale jen zcela kratičkými, aby náklad na lampičku byl co nejmenší. Hromadnou výrobou dosaženo bylo skutečně toho, že normální uhlíková lampička stojí pouze 60 haléřů.

Ze skleněného obalu žárovkového vybíhají na spodu dva dráty, k nimž musí se přivést proud ze zdroje; nejpohodlněji se to děje úpravou Edisonovou. Jeden z drátů připojí se totiž ke kovovým závitům a druhý

k izolované kovové deštičce na spodní části žárovky; pak může se žárovka prostě zašroubovati do jednoduché objímky, zvané objímkou Edisonovou, která skládá se zase z podobných dvou od sebe izolovaných částí kovových: ze šroubových závitů a kovové deštičky, k nimž připojí se dráty od vedení. Jak tedy patrno, lampička ihned svítí, jakmile se zašroubuje tak daleko, aby kovové deštičkové kontakty na sebe dolehly.

Každý, kdo všimne si blíže elektrického osvětlení žárového, přizná, že proti všem osvětlením jiným má veliké výhody: nepotřebuje obsluhy jako lampy jiné, pohodlně se s ním manipuluje, nekazí vzduchu, nebezpečí požáru jest u něho zmenšeno na míru nepatrnou atd.; i se stanoviska vědeckého náleží mu přednost před mnoha světly jinými, neboť celková jeho výkonnost měří 2—5⁰/₁₀₀ a výkonnost světelná 6—7⁰/₁₀. Avšak má také nevýhodu, a to velmi značnou, pro kterou stále ještě nerozšířilo se tak, jak by jinak plnou měrou zasluhovalo, je totiž příliš drahé.

Vypočítejme na př., co stojí v Praze světlo obyčejné 16svíčkové lampičky za hodinu. Lampička taková je přímo připojena k síti o napětí 120 *volt* a prochází jí intensita skoro $\frac{1}{2}$ *ampère*, tak že je pracovní efekt přibližně 60 *watt*. Hoří-li žárovka 1 hodinu, měří potřebná práce asi 60 *watthodin*, což stojí 3·6 haléře, poněvadž 1 *kilowatthodina* pro osvětlování prodává se v Praze za 60 hal. Z čísel těchto lze zároveň vypočísti, že na 1 svíčku potřebuje se asi 3·5 *watt* a že 1 svíčka stojí za hodinu 0·22 h.

Srovnejme tento výsledek s obdobnými čísly u jiných zdrojů světelných. Světlo petrolejové spotřebuje na 1 svíčku 42·5 *watt* a stojí asi 0·1 h, světlo Auerovo pak spotřebuje 12·8 *watt* a stojí pouze 0·03 h; vidíme

tedy že spotřeba energie ze všech tří uvedených zdrojů světelných je nejmenší u elektrické žárovky a že přece světlo její je nejdražší. To poukazuje k tomu, že drahota světla elektrického nespočívá ve zdroji světelném samotném, nýbrž ve zdroji energie proudové.

Má-li světlo elektrické co nejvíce se rozšířiti a úspěšně konkurrovati s jinými světelnými zdroji, musí nutně býti lacinější. Cenu energie proudové zmenšiti, není v naší moci, neboť pro jednotlivá místa jest od podnikatele pevně stanovena; nezbývá tedy nic jiného než usilovati o takové lampy, které by na 1 svíčku potřebovaly energie ještě méně, než jak nahoře bylo uvedeno, které by byly oekonomičtější, úspornější.

I naskytá se nyní otázka, jak lze větší oekonomie dosíci. Jeden způsob byl by ten, že se zvýší teplota uhlíkového vlákna; za tím účelem musila by se zvětšiti intensita proudu vláknem procházejícího, po případě (při nezměněném odporu) napětí v síti. Tím dosáhne se skutečně zlepšení velmi značného, takového, že na 1 svíčku přijde (podle vykonaných pokusů) při dostatečně veliké intensitě jen asi 0·2 *watt*, ale pro praksi tento způsob zlepšení oekonomie se nehodí, neboť vlákno rozžhaví se tak silně, že se v několika již minutách úplně rozruší. A to je také věc důležitá, na kterou se nesmí zapomínati; obyčejná žárovka uhlíková stojí 60 h a vydrží průměrně 800 až 1000 hodin, tak že výdaje za výměnu lampiček jsou tu skutečně velmi nepatrné. Jakmile by však doba trvání takových lamp byla příliš krátká, byl by náklad na samotné lampičky tak veliký, že by úspora, vzniklá menší spotřebou proudu, byla tím plně vyvážena, ne-li převýšena. Patrně tedy, že prozatím s obyčejným vláknem uhelným nelze dosíci větší oekonomie než asi 3·5 až 3 *watt* na svíčku.

O zdokonalení žárovek usiloval mezi jinými též prof. Paschen, jenž r. 1894 uhelné vlákno potáhl slabou vrstvou platinovou a tím dosáhl, že lesklý povrch vysílal méně záření tepelného a za to tím více viditelného záření světelného. Při pokusech provedených svítila lampa, potřebující na 1 svíčku jen 0·3 *watt*, ale dlouho nevydržela, neboť platinová vrstva se velice rychle rozprášila a zbylo pak jen obyčejné vlákno uhlíkové.

Così podobného provedli před nedlouhou dobou Howell a Whitney a získali tak lampičku úspornější než obyčejnou. Vystaví-li se totiž uhelné vlákno účinku vysoké teploty v elektrické peci, přemění se tím z největší části v grafit, jenž má vlastností podobné jako kov, pročez nazývá se pak vlákno takové vláknem *metalizovaným*, zkovověným. Specifický odpor těchto vláken je menší než obyčejných a vzrůstá se vzrůstající teplotou, kdežto u obyčejných právě naopak se vzrůstající teplotou klesá; mohou tedy tyto lampy při stejném trvání býti napájeny proudem o vyšším napětí, čímž jejich ekonomie se značně zlepší, tak že na 1 svíčku spotřebují asi $2\frac{1}{4}$ *watt*. Žárovka s metalizovaným vláknem má jinak všechny přednosti obyčejné uhlíkové žárovky a pro svítivost 16 svíček stojí pouze 90 h.

Když se tedy ukázalo, že s uhelným vláknem nelze dosíci světla úspornějšího, sáhnuto bylo opět k vláknům kovovým co nejtíže tavitelným, a tu Auer z Welsbachu, známý svými úspěchy na poli plynového osvětlování (objevil žárová tělíska pro světlo plynové), asi před 10 lety uvedl do obchodu první lampu tohoto druhu, schopnou praktického upotřebení. K výrobě vlákna užil *osmia*, nejtíže tavitelného kovu ze skupiny platinové (bod tavení 2500° C, kdežto u platiny pouze 1782° C). Velmi obtížná práce ovšem byla takovéto

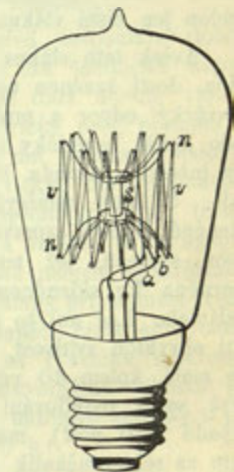
vlákno zhotoviti; z prvu pomýšlelo se na to, vyválnčovati anebo vytáhnouti je z roztaveného kovu, ale ukázalo se, že je to nemožno, poněvadž kov tento je příliš křehký. I hotoví se nyní vlákno tak, že se jemně rozmělněné osmium smíchá s určitými látkami organickými jako pojivem, čímž se obdrží plastická hmota, ze které se pomocí síta vytlačí velmi tenounká vlákna. Zahřejí-li se taková vlákna do běla, vypálí se látky organické a zbudou jen čistá vlákna osmiová.

Avšak tato vlákna jako všechna ostatní kovová mají jednu, dosti značnou nevýhodu; mají totiž poměrně malý specifický odpor a proto se musí vyráběti co nejtenčí a do každé lampičky musí se vkládati ve značné délce, aby intensita proudu jimi procházejícího byla poměrně malá. U lamp osmiových (Os—lamps) vkládají se do skleněné hrušky zpravidla *dvě* vlákna dosti dlouhá za sebou spojená, jež tenkými netavitelnými háčky jsou upevněna ke skleněnému obalu, aby se příliš snadno nezlámala. Leč ani to příliš nepomáhá, tak že, mají-li mítí obvyklou svítivost, lze je hotoviti jen pro napětí velice malé, kolem 40 *volt*. Poněvadž pak ve většině měst užívá se k osvětlování proudu o napětí 120 *volt* (po případě 220 *volt*), musilo by současně vždy býti zaplato za sebou několik lamp, čehož nevýhodu pochopí snadno každý beze všeho výkladu. Proto tedy užívá se osmiových lamp nyní již jen velmi zřídka a to nejspíše ještě tam, kde může každá lampa hořeti jednotlivě, totiž u proudu střídavého, u něhož lze na př. napětí 120 *volt* zmenšiti divisorem snadno pouze na 40 *volt*, anebo též u stanic akumulátorových, kde potom jen málo článků postačí k dosažení stkvělého osvětlení.

U těchto lamp osmiových spotřebuje se na 1 svíčku pouze 1·6 *watt*, t. j. asi dvakrát méně než u obyčej-

ných žárovek uhlíkových, celková výkonnost měří $6 \cdot 2^0_{00}$ a výkonnost světelná $7 \cdot 6^0_0$. —

Nedlouho po lampách osmiových objevily se *lampy tantalové* zhotovené firmou Siemens a Halske. Tantal je kov, jenž se taví rovněž při teplotě velmi vysoké (mezi 2250^0 — 2300^0 C) a dá se velmi dobře vytahovati, tak že se mohou z něho hotoviti dráty o průměru až $0 \cdot 05$ mm. Jelikož specifický odpor tantalu měří pouze $0 \cdot 165$ ohm (při vysoké teplotě ovšem více, až $0 \cdot 83$ ohm), je nutno, aby i při tak malém průměru pro lampu 32svíčkovou byl dlouhý 65 cm. Nastala tedy úloha vpraviti tak dlouhé vlákno do prostoru poměrně velmi malého, do skleněné baňky žárovkové. Úloha ta byla však rozřešena způsobem velice uspokojujícím, jak je viděti na obr. 27. Vlákno tantalové *v* je vedeno klikatě přes háčky na konci niklových ramének *n*, která jsou zatavena ve dvou skleněných čočkách na skleněné tyčince *S*. Horní čočka má 11 ramének, dolní 12; konce tantalového drátu jsou zachyceny dvěma spodními raménky *a b* a platinovými drátky jsou spojeny se spodkem žárovky.



Obr. 27.

Jako osmium, tak i tantal jsou kovy poměrně zřídka se vyskytující a proto jsou též velice drahé; tak na př. asi před 4 lety stál 1 kg osmia kolem 10.000 K, 1 kg tantalu dokonce pak asi 18.000 K. Leckdo by

tedy mohl souditi, že lampy tantalové jsou velice drahé, ale není tomu tak (stojí pouze 3 K), poněvadž se na ně spotřebuje tantalu velice málo, na jednu lampu pouze 22 *mg*, tak že z 1 *kg* tantalu lze zhotoviti vláknů více než 45.000 lampiček.

Jsou-li tantalové lampy nové, mají svítivost menší, než když již nějakou dobu (asi 20—50 hodin) svítily, a proto spotřebují s počátku na 1 svíčku více proudu (asi 1·8 *watt*) než později, kdy jim postačí pouze asi 1·5 *watt*; vydrží pak svítiti asi 800—1000 hodin, než klesne jejich svítivost o 20%, než tedy se má přestati jimi svítit. Lampy tyto hodí se obzvláště dobře pro stejnosměrný proud, ačkoliv i pro střídavý proud lze jich použiti; v tomto případě doporučuje se však užiti zvláštního jejich druhu, který je méně úsporný a spotřebuje na 1 svíčku přes 2 *watty*. Celková výkonnost lamp tantalových měří 8·7% a výkonnost světelná 8·3%.

Avšak ani těmito žárovkami není uzavřena řada lamp s kovovým vláknem, neboť před nedávnem objevily se nové žárovky, a to v krátké době za sebou více druhů, které mají různá jména — jako na př. lampy wolframové, osramové, osminové, kolloidové, kolloid-wolframové atd. — u nichž však vesměs vlákno je zhotoveno z wolframu anebo kovů příbuzných, vyznačujících se vysokým bodem tavení.

Methody k výrobě vláken z těchto kovů jsou u různých vyrábětelů různé, hotové však lampy neliší se zhusta od sebe skoro nic. V nynější době u nás jsou nejznámější lampy, jež zhotovili Auer (Osmiumlichtunternehmung), dr. Kuzel (Kremenezki ve Vídni) a dr. Justa Hanamann (Vereinigte ungar. E.-G.). Vlákno wolframové musí býti velice tenké (průměru 0·03—0·06 *mm*) a velmi dlouhé (0·3 až 1·3 *m*), pročež se obyčejně do

wolframové žárovky — podobně jako do osmiové — vkládá několik samostatných vláken za sebou spojených. Tak pro napětí 110 *volt* volí se 3—6 vláken, pro napětí do 220 *volt* dokonce až 12 vláken. Lampy tyto hotoví se pro různé svítivosti, ale zpravidla svítivosti tou udáno je též již maximální možné napětí; tak na př. 16svíčkovou žárovku wolframovou do nedávna nebylo možno zapnouti do vedení městské sítě pražské, mající napětí 120 *volt*, jelikož vyžadovala rozdíl potenciálního pouze nejvýš 65 *volt*. V pražské síti bylo tedy možno užití těchto žárovek jen o větší svítivosti (aspoň 32 svíček), ale před nedávnem přece se podařilo i pro napětí 120 *volt* konstruovati wolframové žárovky 16svíčkové.

Původně mohly žárovky wolframové svítiti jen v poloze svislé, ale minulého roku zhotoveny byly již typy, které mohou býti v jakékoliv poloze umístěny, aniž by to mělo vliv na dobu jejich trvání; vydrží svítiti asi 1000 hodin. Svítivost jejich v prvních 100 hodinách většinou ještě stoupne o 5—15% a pak tak pomalu klesá, že zpravidla vlákno se dříve poruší, než svítivost klesne o 20%, t. j. na takovou hodnotu, za kterou se při oekonomickém svícení nemá zacházeti. Lampa 32svíčková stojí pouze 3.60 K a na 1 svíčku spotřebuje 1.0—1.2 *watt*, tak že lze ji co nejvřeleji doporučiti, zejména uvážíme-li, že možno ji vepnouti do sítě s proudem jak stejnosměrným, tak střídavým.

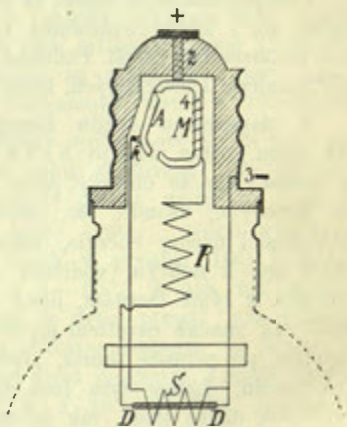
Oč výhodnější je lampa wolframová proti obyčejné uhlíkové, je patrné z tohoto výpočtu. Mějme dvě žárovky 32svíčkové, jednu wolframovou, druhou uhlíkovou a obě nechť vydrží stejně dlouho, 1000 hodin. Za hodinu spotřebuje se u wolframové žárovky proudu za 2.3 h (podle pražských cen proudu elektrického), u uhlíkové žárovky za 5.8 h, předpokládáme-li lampičku zvlášť výhodnou

spotřebující pouze 3 *watty* na svíčku; je tedy za celou dobu trvání obou lampiček vydání za proud 23 K, resp. 58 K. Hledíme-li pak i k tomu, že wolframová žárovka stojí 3·60 K, kdežto uhlíková pouze 60 h, vidíme, že u wolframek jest úspora za 1000 hodin plných 32 K; a to ještě pro lampičky uhlíkové jsou voleny údaje velmi příznivé a pro wolframové poměrně nepříznivé, tak že ve skutečnosti jsou wolframky ještě výhodnější.

Předpokládá se tu ovšem, že obě žárovky vydrží stejně dlouho, ale i kdyby wolframka vydržela kratší dobu, je přece mnohem úspornější. Podobně utváří se poměry i u nových lampiček 16svíčkových, které jednotlivě stojí 2·50 K.

K úspornému světlu žárovému lze však dospěti ještě jinou cestou. Byl to N e r n s t, jenž nedlouho před tou dobou, kdy se objevily první úsporné lampy s vláknem kovovým, usoudil, že, chce-li se při elektrickém světle dosíci úspory energie, nutno obrátiti se k jiným látkám než k dobrým vodičům. Za tím účelem obrátil pozornost k týmž hmotám, jimiž Auer v žárovém tělisku zlepšil tak značně osvětlení plynové, totiž ke kysličníkům magnesia, po případě thoria, yttria, ceria a jiných vzácných zemin. Látky tyto jsou těžce tavitelny a patří k vodičům druhé třídy, tak že za normální teploty jsou téměř nevodiči a teprv po silném zahřátí může jimi proud proběhnouti a rozžhavit je. Z těchto kysličníků zhotovují se vhodné tyčinky, které se ovšem musí tak připravit, aby se proudem nerozkládaly. Tyčinky ty hoří pak ve volném vzduchu, nikoli v prostoru vzduchoprázdném. Poněvadž jejich specifický odpor je velmi značný, mohou býti poměrně kratičké a dosti silné, z čehož vychází na jevo, že lze je hotoviti i pro napětí velmi značné; ukázalo se, že právě pro vyšší napětí (200—250 *volt*) hodí se žárovky Nernstovy nejlépe.

Jak již uvedeno, tyčinka z kysličníku hořečnatého musí se nejprve zahřátí, aby se stala vodivou, a toto zahřátí lze provést různě. U prvních lamp v Gottinkách (působišti Nernstově) skutečně instalovaných musila se tyčinka zahřátí lihovým kahanem, který ke každé lampě byl přidáván. Že to bylo velmi nepohodlné — a mohli bychom říci — dokonce i světla elektrického nedůstojné, uzná zajisté každý a proto hned již s počátku hledány byly metody jiné, jimiž by se tyčinka otep- lila, nejraději opět proudem elektrickým. Metoda taková sku- tečně byla nalezena a tak nyní Nernstova lam- pička má tvar, jak je vyznačen na obr. 28. Proud zavádí se k mí- stům 2 a 3 a vchází dovnitř lampy, kdež se rozděluje ve větve: je- dna větev jde kotvou A přes kontakt k do zahřívací spirály S a odtud k druhému roz- větvovacímu bodu, dru- há větev od bodu 4 přes elektromagnet M a předražný odpor R k magnesiové tyčince DD a opět k roz- větvovacímu bodu. Proud rozdělí se podle vět Kirch- hoffových tak, že větší jeho část (bezmála celý proud) pro- chází spirálou S . Tato spirála hotoví se tak, že se nejprve na tyčinku z ohnivzdorného materiálu 10 až 20 cm dlouhou a 1 mm tlustou spirálně navine velice tenounký



Obr. 28.

há větev od bodu 4 přes elektromagnet M a předražný odpor R k magnesiové tyčince DD a opět k roz- větvovacímu bodu. Proud rozdělí se podle vět Kirch- hoffových tak, že větší jeho část (bezmála celý proud) pro- chází spirálou S . Tato spirála hotoví se tak, že se nejprve na tyčinku z ohnivzdorného materiálu 10 až 20 cm dlouhou a 1 mm tlustou spirálně navine velice tenounký

platinový drát a celek opět pokryje se vrstvou ohnivzdorné látky. Tyčinka takto ovinutá stočí se pak za vysoké teploty ve spirálu, jak na obrázku je vyznačeno.

Silným proudem počne spirála žhnouti, čímž odpor její vzrůstá; současně však ohřívá se vzniklým teplem tyčinka magnesiová, odpor této větve tedy se menší a počne jí tudíž procházeti silnější proud. Když pak tyčinka rozžhavlí se do běla, je proud tak silný, že elektromagnet M přitáhne kotvu A , čímž spirála S vypne se úplně z proudu, i prochází pak proud jen tou větví, v níž je žárové tělísko.

Tělísko toto je velmi citlivé na změny proudu a proto ke každé lampě přidává se předražný odpor R , obyčejně železný drát uzavřený ve skleněné baňce, kterým rozdíl proudové se vyrovnávají.

Jak z uvedeného je patrné, Nernstovy lampy na rozdíl od ostatních žárovek nerozsvítí se hned, nýbrž teprve po nějaké, leckdy dosti dlouhé době. I sestrojeny byly zvláštní Nernstovy lampy zvané *expressními*, u nichž do větve se zahřívací platinovou spirálou je zaplata ještě obyčejná žárovka; dokud pak většina proudu prochází předhříváčem, svítí tato žárovka, jakmile však tyčinka kysličníku hořčnatého dostatečně se zahřeje, rozsvítí se sama velmi intensivně a obyčejná žárovka se automaticky vypne. Odpadá tedy při této lampě nejvyšší nepříjemné počátečné slabé žhnutí, ale ovšem celá úprava je hodně složitá.

Lampičky Nernstovy hotoví se nyní nejen pro proudy stejnosměrné, nýbrž i pro střídavé a upravují se tak, že se mohou prostě zašroubovati do obyčejné Edisonovy objímky. Nelze však tutéž lampičku napájeti buď proudem stejnosměrným nebo střídavým jako žárovky oby-

čejné, nýbrž pro každý druh proudu musí býti lampičky upraveny zvlášť. Lze je obdržeti pro všechna napětí od 90 do 260 *volt* se svítivostí dosti rozmanitou; doba jejich trvání určena byla z četných pokusů asi na 400 hodin, tedy značně méně než u obyčejných lamp žárových, ale úspory dosáhne se zde tím, že se na jednu svíčku spotřebuje pouze 1·5—1·7 *watt*, tedy jen polovička toho, co spotřebují obyčejné žárovky uhlíkové. Výkonnost celková měří 8·5⁰/₀₀ a výkonnost světelná 6·7⁰/₀.

Nernstovy žárovky, jež hotoví pro Evropu známá berlínská firma AEG, způsobily velikou sensaci r. 1900 na světové výstavě v Paříži, ale sláva jejich v nynější době valně pobledla hlavně pro úspěchy nejnovějších úsporných žárovek kovových.

b) Světlo obloukové.

Vedle žárového světla elektrického známe však ještě světlo jiné, zvané *obloukovým*.

Přerušíme-li vhodným klíčem elektrický proud, vidíme při tom vždy na místě přerušení jasnou jiskru, která nám představuje nejjednodušší elektrický oblouk. Jak vzniká tato jiskra? Necht přerušíme proud sebe rychleji, přece to vždy trvá nějakou dobu, než dotyk, jenž původně byl dokonalý na větší ploše, se úplně přeruší; v této době přechází tedy dokonalý dotyk postupně stále k dotyku horšímu, čímž ovšem vzrůstá odpor vložený do cesty elektrickému proudu. Podle zákona Jouleova vzrůstajícím odporem vzrůstá též vyvinuté teplo a to konečně dosáhne té výše, že konce styčných ploch se rozžhaví a vysílají kovové částice, které při dostatečně velikém potenciálním rozdílu přecházejí mezi nimi i tehdy, kdy dokonalý kovový dotyk již přestal. V tomto případě sprostředkuje tedy spojení proudu mezi oběma konci ve-

dení vzduch, jímž rozžhavené částice kovové proletují. Jakmile však oddálíme vodiče ještě více od sebe, zhasne ovšem světelný oblouček a vidíme tedy pouze kratší nebo delší jiskru podle intensity proudu. Kdybychom konce vodičů nechali v určité nepřítli veliké vzdálenosti, vydržel by světelný oblouček delší dobu, ale zároveň by se při tom ukázalo, že většina kovů se naprosto nehodí k udržení oblouku, jelikož se rychle taví a mění v páry. Užívá se tedy k vytvoření elektrického oblouku hmoty, která ani při vysoké teplotě se netaví, a tou jest uhlí, s nímž ukaz právě popsany pozoroval r. 1821 anglický fysik D a v y. Světlo takovýmto způsobem vzniklé zoveme obloukovým světlem elektrickým a oblouk sám, jenž sestává z přeletujících rozžhavených částíček uhlíkových a ze žhouného plynu okolního, *obloukem Davyho*. Hlavní podstatou lampy příslušné jsou dva uhlíky, jež možno k sobě přiblížiti a zase od sebe oddáliti.

Napájíme-li elektrickou lampu obloukovou stejnosměrným proudem, shledáme, že ten úhel, jenž je spojen s kladným pólem zdroje, hoří daleko rychleji a má mnohem větší teplotu než uhlík druhý, spojený s pólem negativním; aby tedy oba uhlíky vydržely stejně dlouho, volí se kladný asi dvakrát silnější než záporný.

Kladný uhlí (čili též kladná elektroda), jenž při hoření se vyhlubuje, má podle měření říšského fysikálně-technického ústavu v Prusku teplotu asi 3500°C , kdežto záporný uhlí, který se zahrocuje, má teplotu pouze asi 2600°C ; úhrnná teplota oblouku elektrického měří asi $3750\text{--}4200^{\circ}\text{C}$, což je nejvyšší teplota, jaké vůbec můžeme dosáti na zemi umělými prostředky. Největší část světla, jež oblouková lampa, napájená proudem stejnosměrným, vydává, pochází od uhlíku kladného, totiž 85% , kdežto od záporného uhlíku pochází pouze

10% a od oblouku samého dokonce jen 5%. Uhlík kladný dává se zpravidla u lamp nahoru, neboť při hoření se miskovitě vyhlubuje a tvoří tak jakýsi reflektor, jímž světlo vrhá se k zemi.

Poměry u lamp obloukových jsou daleko složitější než u lamp žárových. Žárovky mohou býti konstruovány pro proud o jakémkoli napětí, jen když vlákno světlo vydávající je tak vyměřeno, aby se procházejícím proudem uvedlo do bílého žáru; máme tedy na př. i lampičky *2voltové*, jež rozsvítí se již proudem z jediného článku akkumulatorového, ale také třeba lampičky až *500voltové*. Aby však vzniklo světlo obloukové, jest třeba — jak pokusy bylo dokázáno — při proudu stejnosměrném rozdílu potenciálního asi 40 *volt*, při proudu střídavém asi 30 *volt*. Tento veliký rozdíl potenciální nezbytně potřebný není snad podmíněn pouze odporem proudovodu, tak že se nedá vyjádřiti jednoduše podle zákona Ohmova rovnicí $e = IR$, značí-li e rozdíl potenciální, I intenzitu proudu a R odpor proudovodu. Četným měřením bylo shledáno, že rovnice ona musí zníti:

$$e = a + IR,$$

kdež a značí určitou konstantu, kterou lze si vyložití dvojím způsobem: buď je to protielektromotorická síla, jejímž sídlem je světelný oblouk a která také s ním zaniká, anebo je to ztráta napětí způsobená přechodem elektřiny z uhlí do světelného oblouku, ke kterémužto druhému názoru se nyní přidává většina fysiků.

Má-li se lampa oblouková rozsvítiti, je nejprve třeba, aby uhlíky vzájemně se dotkly, ale potom musí se zase hned od sebe oddáliti, aby mezi nimi vznikl světelný oblouk. Když by se pak nechaly uhlíky stále v nezměněné vzdálenosti, uhořely by za nějaký čas tak

mnoho, že by spojení proudové se přerušilo a lampa by zhasla, i je nutno zase na určitou vzdálenost je k sobě přiblížiti. Takovéto regulování uhlíků dá se u některých lamp prováděti ručně (na př. u lamp užívaných k projekci), ale u ostatních lamp je třeba postarati se o nějaký přístroj, který by samočinně tuto regulaci prováděl.

Takovýchto přístrojů sestrojena je veliká řada, nejlépe však se osvědčují ty, jež spočívají na vhodném použití elektromagnetismu. Vyložím zde tedy poněkud obšírněji tento způsob regulace, při čemž nutno rozeznávati tři druhy lamp, totiž seriové, derivační a diferenciální.

Při *lampě seriové* s kladným pólem zdroje je spojen solenoid s málo závitů silného drátu, od něhož pak proud je veden ke kladnému uhlíku, jenž jest upevněn na pohyblivém železném jádře, vloženém do zmíněného solenoidu; záporný pól zdroje je připojen k spodnímu uhlíku zápornému. Jak patrně, solenoidem i uhlíky prochází v též okamžik vždy stejný proud, jelikož oba tyto proudovody jsou spojeny za sebou, odkudž má lampa tato též své jméno (seriová). Působení této lampy je velice jednoduché; uhoří-li uhlíky příliš mnoho, zeslabí se proud, procházející též solenoidem, železné jádro vlastní vahou poněkud klesne a lampa hoří klidně dále. Když zas obráceně uhlíky jsou příliš blízko u sebe, prochází solenoidem silnější proud, jádro se do něho vtáhne a uhlíky se oddálí. Lampy tyto snaží se regulovati vždy na stejnou intensitu, ale hodí se dobře jen tam, kde *jednotlivě* jsou připojeny k síti o stálém napětí, tak že nyní velkého praktického významu nemají.

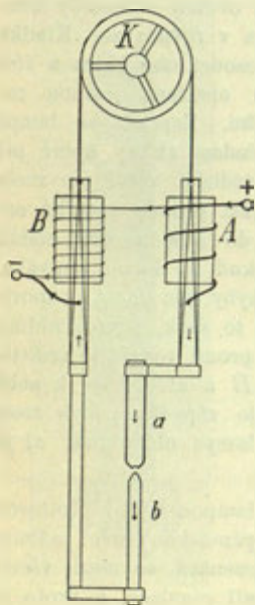
Výhodnější jsou lampy *derivační*, u nichž zase provádí se regulování pomocí jednoho solenoidu, který však jest ovinut mnoha závitů tenkého drátu a do kte-

rého zasahuje jádro železné nesoucí spodní záporný uhlík. Proud pak do této lampy se vede rozvětveně, tak že oblouk elektrický je v jedné větvi a v druhé je solenoid; a poněvadž se jedná o to, aby hlavní část proudu šla uhlíky, volí se solenoid s mnoha závity tenkého drátu, neboť pak (podle věty Kirchhoffovy) prochází jím jen slabý proud. Jakmile se však zvětší odpor v hlavní větvi a tím se zmenší intensita proudu tudy probíhajícího, zvětší se intensita proudu v solenoidu, tak že jádro se stáhne dovnitř a přiblíží spodní uhlík k vrchnímu do správné vzdálenosti.

Lampa derivační reguluje oblouk na konstantní napětí. Nastává totiž pohyb železného jádra jen tehdy, když se změní intensita proudu, vedlejším vedením (solenoidem) procházejícího; poněvadž pak odpor tohoto vedení je konstantní, může se změnit intensita proudu jen tenkrát, když se změní rozdíl potenciální na koncích tohoto vedení a tím ovšem také na koncích vedení hlavního, čili když se změní potenciální difference mezi uhlíky. Ale ani touto lampou nevyrovnají se nepravidelnosti proudu v síti, neboť vzroste-li z jakéhokoli důvodu proud v síti, proběhne silnější proud nejen obloukem elektrickým, nýbrž i solenoidem, což obojí má účinek soublesný, totiž zesílení světla; naopak zase klesnutí proudu v síti způsobí znatelné zeslabení světelné.

U obou druhů lamp právě popsaných způsobuje solenoid pohyb uhlíků pouze v jednom směru, kdežto v druhém směru pohybuje se uhlík obyčejně vlastní vahou; daleko výhodnější ovšem jest, když pohyb v obou směrech může se dít elektromagnetickým účinkem, a to je velmi dobře splněno u *lamp diferenciálních*, mezi nimiž k nejdokonalejším a nejjednodušším patří lampa Křížkova,

Schéma této lampy vidíme na obr. 29. Zde užito je dvou solenoidů, z nichž do jednoho *A* málo závitů silného drátu vedena jest hlavní větev proudu a do druhého *B* vedlejší větev mnoha závitů drátu slabého. Do proudovodu hlavní větve je vložen též elektrický oblouk,



Obr. 29.

vytvořený dvěma uhlíky, z nichž hořejší pozitivní *a* je připevněn k železnému jádru zasahujícímu do solenoidu *A*, a dolejší negativní *b* k jádru zasahujícímu do solenoidu *B*. Železná jádra — jak z obrázku patrné — nejsou válcovitá, jako byla u lamp dříve zmíněných a také u prvních lamp diferenciálních, nýbrž kuželovitá, jsou upevněna v mosazných trubicích a spojena spolu provazcem, vedeným přes kladku *K*. Kuželový tvar železných jader je myšlenkou Křížikovou, myšlenkou neobyčejně šťastnou, neboť tímto tvarem zaručeno je skutečně regulování co nejdokonalejší. Je-li totiž jádro válcové, je přitažlivý účinek solenoidu na ně různý podle toho, zda jádro zasáhá více či méně do vnitřku solenoidu, poněvadž při stejném průřezu vtahovaného

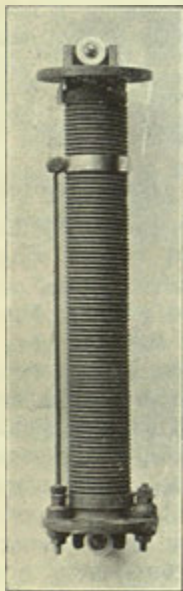
železa záleží onen účinek pouze na intensitě pole magnetického, která jest uprostřed největší. U některých lamp odpomáhalo se nestejnému přitažlivému účinku složitým ústrojím mechanickým, u jiných navinul se solenoid ve

tvaru komolého kužele místo válce, ale nejjednodušejí odpomoženo bylo tomu právě Křížíkovým kuželovým jádrem. Touto úpravou dosáhne se totiž toho, že právě na tom místě, kde by přitažlivost solenoidu byla největší (t. j. ve středu), je průřez jádra nejmenší a naopak zase, kde by přitažlivost byla nejmenší, je průřez největší; pak skutečně, prochází-li oběma solenoidy normální proud, udržují se obě jádra v rovnováze. Kladka *K*, přes kterou běží provazec nesoucí obě jádra a tím i uhlíky, je na vnějším obvodu opatřena jemnou rohatkou a do této zasahuje západka. Zapne-li se lampa do vedení, bývají obvykle již předem uhlíky úplně přisobě; v tom případě prochází vedlejší větví jen zcela nepatrný proud, kdežto největší část proudu probíhá solenoidem *A*. Ten vtáhne jádro do sebe a tím oddálí uhlíky, ale jen tak daleko, pokud to dovolí západka, jež v tomto směru připouští pohyby jen malé, odpovídající správné délce oblouku. Za to však, jsou-li uhlíky příliš daleko od sebe, převládá proud ve větví vedlejší i vtáhne se jádro do solenoidu *B* a uhlíky se k sobě přiblíží. V tomto směru dovoluje západka pohyb zcela volný a tak tedy rozsvítí se lampa oblouková, ať je vzdálenost uhlíků jakákoliv.

Lampa Křížíková (zvaná též lampou Křížík-Piettovou a zejména u Francouzů lampou plzeňskou) není jedinou lampou diferenciální, ale vyznamenává se mezi všemi obzvláštní jednoduchostí a přesností regulace, a proto je zde popsána jako zástupce jejich. Tak na př. lampa na obr. 30. (str. 88. a 89.) systému Donát-Doubravova liší se od Křížíkovy tím, že místo jader železných pohybují se tu solenoidy, jichž je v každé větví po dvou.

Všechny tyto lampy regulují — jak z předešlého výkladu je patrné — na konstantní odpor elektrický

Ze všech lamp pro stejnosměrný proud jsou nej-
užívanější lampy diferenciální, které se hodí nejlépe pro
všechny případy, tedy nejen pro zapětí za sebou, nýbrž
i vedle sebe, po případě též pro jednotlivé připojení
k síti. Poněvadž však obloukové lampy vyžadují napětí
kolem 40 *volt*, nutno při zapětí
jediné lampy do sítě o rozdílu po-
tenciálním 110 *volt* připojit ještě
dosti značný předražný odpor. Aby
se to nemusilo činit, spojuje se
raději vždy několik lamp oblou-
kových za sebou a to při napětí
110 *volt* buď dvě nebo i tři, tak
že pak předražný odpor je mno-
hem menší a udržuje hlavně jen
klidné světlo. Tvar takového před-
ražného odporu vidíme na obr. 31;
obyčejně bývá uzavřen v kovo-
vém obalu. Při větším rozdílu po-
tenciálním v síti dlužno ovšem
spojití za sebou více lamp.



Obr. 31.

Jakmile však se užívá několika
lamp za sebou spojených, nutno
se postarati o to, aby znemožněno
bylo zhasnutí všech lamp, když
by jedna uhasla ať z důvodů ja-
kýchkoliv (na př. pro shoření
uhlíků a pod). U Křižíkových

lamp diferenciálních určených pro spojení za sebou
je postaráno o to velmi jednoduše. Do vedlejšího ve-
dení je vepjat též elektromagnet; dokud tímto vedením
a tedy i elektromagnetem prochází slabý proud, elektro-
magnet neúčinkuje a lampa působí právě tak, jak před

tím bylo popsáno. Jakmile však lampa uhasne, proběhne vedlejší větví velmi silný proud, elektromagnet se značně zmagnetuje, přitáhne kotvu a tím vepne do proudovodu zvláštní samostatný odpor, jenž jest náhradou za světelný oblouk, tak že ostatní lampy téže skupiny hoří bez přerušení klidně dále.

Řekl jsem, že oblouková lampa vyžaduje k hoření potenciálního rozdílu asi 40 *volt*; číslo to není ovšem konstantní, nýbrž záleží též na tom, jak silný proud lampou prochází a jaká je tedy svítivost lampy. Z měření Siemens-Schuckertových lze sestavit pro lampy bez skleněné bání tuto tabulku:

Intensita proudu:	Napětí:	Střední svítivost:
4 <i>ampère</i>	40 <i>volt</i>	210 <i>svíček</i>
6 »	40 »	380 »
8 »	40 »	580 »
10 »	41 »	820 »
12 »	42 »	1060 »
15 »	43 »	1460 »

Pro lampy opatřené skleněnou bání je za stejných jinak podmínek svítivost vždy menší než při oblouku volném.

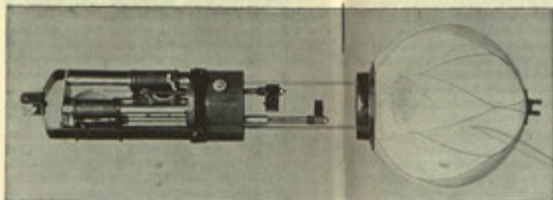
Z tabulky uvedené zároveň vidíme, že oekonomie lamp obloukových je velmi dobrá a že vzrůstá se zvětšením intensity proudové. Tak na př. u lampy 4*ampèrové* spotřebuje se na 1 svíčku 1 *watt*, u lampy 12*ampèrové* 0·62 *watt*, kdežto u lampy 15*ampèrové* pouze asi 0·56 *watt*; užije-li se lamp opatřených skleněnou bání, jsou ovšem výsledky méně příznivé, protože část světla pohltí se obalem (sklem): při lampě 6*ampèrové* (320 *svíček*) spotřebuje se na 1 svíčku asi 1 *watt* a při lampě 12*ampèrové* (920 *svíček*) 0·72 *watt*·*)

*) Při těchto výpočtech volí se pro lampu napětí 55 *volt*, poněvadž do obyčejné sítě (110 *volt*) bývají vloženy po dvou za sebou.

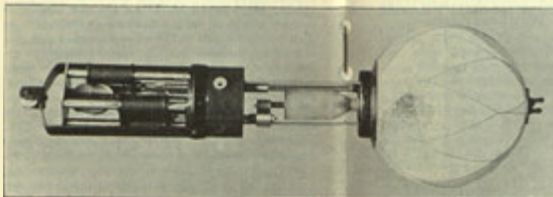
Celková výkonnost obloukových lamp obyčejných stanovena byla průměrem asi na $3^0/_{00}$, je tedy horší než u většiny lamp žárových, za to však světelná výkonnost je daleko lepší $10^0/_{0}$, neboť přes ($10\cdot4^0/_{0}$) veškeré energie zářivé připadá tu na viditelné záření světelné.

Počítáme-li však cenu elektrického světla obloukového, nesmíme počítati jenom, co stojí proud, nýbrž musíme též dbáti toho, co stojí materiál, který hoří, totiž uhlíky. Obnos za to není nepatrný, neboť při obyčejných lampách shledalo se, že průměrně za 1 hodinu uhoří 20 mm jak uhlíku kladného, tak i záporného. Uhlík záporný volí se obyčejně massivní, homogenní, kdežto uhlík kladný bývá zpravidla knotový, totiž dutý a dutina jeho je vyplněna »knotem«, t. j. nějakou jinou hmotou snadno těkavou (na př. měkkým uhlíkem). Kdyby tedy měla lampa dlouho svítiti, musila by míti uhlíky velice dlouhé, čímž by ovšem tvar lampy stal se nepohodlným a proto obyčejně volí se uhlíky pouze tak dlouhé, aby vydržely hořeti asi 10 hodin. Ale tím zase zdražuje se osvětlení elektrické nemálo, poněvadž je nutno vždy po době poměrně krátké lampy znovu zřizovati a staré ohořelé uhlíky nahraditi novými. Vhodnou konstrukcí podařilo se však upravit obloukové lampy tak, že uhlíky vydrží hořeti mnohem déle. Světelný oblouk uzavře se totiž do malého skleněného zvonu tak, aby buď skoro úplně anebo aspoň z části zamezen byl přístup vzduchu dovnitř, a podle toho rozeznáváme lampy dvojího typu: s uzavřeným světelným obloukem čili dlouhodobé (Dauerbrandbogenlampen) a s omezeným přístupem vzduchu.

Lampy prvního typu (obr. 32. str. 88. a 89.) mají před obyčejnými lampami tu velikou výhodu, že vydrží hořeti se stejnými uhlíky jako obyčejné beze vší obsluhy přes 100 di hona že potřebují svorkového napětí kolem



Obr. 30.



Obr. 32.

80 volt, tak že zcela pohodlně mohou být *jednotlivě* připojeny k síti o rozdílu potenciálním 110 volt. Nevýhodou však jest, že jejich světlo je neklidnější a méně ekonomické, což ukazují zřetelně tato čísla:

Intensita proudu				
4	5	6	7	ampère
svítivost				

310 430 550 700 *svíček*

Poněvadž každá takováto lampa je připojena s příslušným předraženým odporem přímo k síti, dlužno zde při úhrnné spotřebě energie za rozdíli potenciálního brátí napětí v síti (110 volt) a tak tedy vidíme, že lampu 4ampérová spotřebuje na jednu svíčku 1.42 watt a lampa 7ampérová pouze 1.1 watt, ale přece jen více než obyčejná lampa oblouková; při tom stejně jako dříve mám na mysli lampu bez uzavírací

veliké bání skleněné, kterou se oekonomie lampy ještě více umenšuje. Některé firmy hotoví tyto lampy ještě s delší dobou trvání (až 300 hodin), ale další zřejmé znatelné úspory se tím již nedosáhne, poněvadž při hoření znečistí se vnitřní malý zvon tou měrou, že je nutno vždy asi po 100 hodinách jej vyčistiti; přijde tedy obsluha stejně draho jako u lamp s kratší dobou hoření (pouze 100 hodin) a celý rozdíl je jen ve spotřebě uhlíků, což nepadá tu příliš na váhu, poněvadž za 1 hodinu spálí se jich jenom asi za 0·1 h.

Jakýmsi středním typem mezi lampami obyčejnými a s uzavřeným obloukem jsou lampy s omezeným přístupem vzduchu, u nichž také jest uzavřen světelný oblouk do malého zvonku skleněného, který jen úzkou mezerou vzduch vpouští dovnitř. Lampy tyto také potřebují napětí asi 70—80 *volt* a hotoví se jednak pro větší intensity proudové od 3 do 6 *ampère* (svítivost 330—800 svíček) jakožto *úsporné lampy obloukové* (Sparbogenlampen), jednak pro menší intensitu proudovou od 1 do 2·5 *ampère* (100 až 250 svíček), v kterémžto případě v různých továrnách zvány jsou různými jmény, jako na př. *Liliput*, *Mignon*, *Piccolo* a pod. Zejména tyto druhé lampy jsou v praktickém životě velice oblíbeny, neboť lze jich výborně užíti místo žárovek k osvětlování větších bytů a místností, do nichž obyčejné lampy obloukové by byly příliš intensivní; majíce totiž svítivost dosti malou (od 100 do 300 svíček), spotřebují na 1 svíčku pouze asi 1 *watt*, tak že jsou úspornější než obyčejné lampy žárové. Uhlíky u těchto obloukových lamp jsou velmi tenounké a vydrží hořeti asi 10—20 hodin, při čemž za hodinu se jich stráví asi za 0·3 h.

Jelikož lampy s omezeným přístupem vzduchu hotoví se v malých rozměrech, musí regulační ústrojí jejich býti velmi jednoduché. U lamp typu *Liliput* je dolejší

uhlík pevný, hořejší pak volně pohyblivý a vlastní vahou doléhá k spodnímu, v hořejší části lampy je pak elektromagnet, jenž, jakmile prochází dostatečně silný proud, přitáhne kotvu, která zachytí hořejší uhlík a oddálí jej do vhodné vzdálenosti. Když pak zase uhlíky uhoří příliš daleko, tak že proud zeslábne, elektromagnet kotvu pustí, uhlík se uvolní a klesne opět tak daleko, až se vytvoří správná délka oblouku.

Dosud mluvil jsem jenom o lampách obloukových napájených proudem stejnosměrným; ale zcela dobře lze lampy napájet i střídavým proudem, má-li jen frekvenci dostatečně velikou. Pak jeví se nám světlo jejich zdánlivě stejně klidné jako u lamp na stejnosměrný proud, ačkoliv není spojitě jako u těchto, nýbrž skládá se z jednotlivých impulsů světelných. O tom nejlépe se přesvědčíme, pohrneme-li v jejich světle prstou rukou anebo nějakým lesklým předmětem; tu uvidíme takovýto předmět rozložený v několik vedle sebe, z nichž každý jeví se nám býti v klidu.

V lampách se střídavým proudem mění se neustále polarita uhlíků a proto též rovnoměrně uhořují; volí se tedy uhlíky stejně silné a oba zpravidla knotové.

Veliký rozdíl proti lampám na stejnosměrný proud je v rozdělení intensity světelné; na obou uhlících vytvářejí se tu totiž malé krátery a proto asi polovička světla vrhá se šikmo vzhůru a druhá šikmo dolů. Aby polovice světla vzhůru vysílaná nepřišla na zmar, opatřují se obyčejně normální lampy reflektory světelnými, které se připevňují nad světelný oblouk; reflektory ty zabraňují volnému proudění vzduchu přispívají současně k tomu, aby uhlíky neuhořovaly příliš rychle; ale přece i tak uhořují rychleji než u lamp na proud stejnosměrný.

Co se týče regulace, lze zde užiti také solenoidů, neboť přitažlivý jejich účinek nezáleží na směru proudu,

ale ovšem železné jádro jejich nesmí býti z jediného kusu, poněvadž obíhají kolem něho střídavé proudy. Daleko však výhodnější a nyní nejčastěji užívanou je regulace motorová, kterou na př. jsou opatřeny lampy hotovené známou berlínskou firmou AEG. U těchto lamp jsou opět dvě vinutí jako u lamp diferenciálních; uhlíky jsou ve vedení hlavním a kromě toho v každém vedení jsou ještě elektromagnety, jež jsou umístěny v hořejší úplně kryté části lampy s obou stran aluminiové desky. Deska tato je tak postavena, že se může otáčeti mezi měděnými deštičkami, kryjícími částečně pólové nástavky obou elektromagnetů, a tento pohyb otáčivý je způsoben indukčními účinky střídavého proudu. Hlavní elektromagnet snaží se otáčeti deskou v jednu stranu, vedlejší ve druhou, a jelikož deska tato je spojena ozubenými koly a řetízkem s uhlíky, posunou se uhlíky vždy do správné polohy, elektrický oblouk se vytvoří a trvale udržuje.

Lampy obloukové na střídavý proud vyžadují — jak již bylo řečeno — mnohem menšího napětí než lampy na proud stejnosměrný; proto při stejné intenzitě proudové jest efekt u nich menší a jejich svítivost ovšem též. Ale ani při stejné spotřebě energie není svítivost obou těchto druhů lamp stejná, nýbrž vždy u lamp na proudy střídavé menší o 30 — 60%, což se vysvětluje jednak jiným rozdělením světla v oblouku, jednak tím, že se uhlíky nezahřejí tu nikdy tak vysoko jako u lamp na proud stejnosměrný, neboť při střídavém proudu neustále přechází intenzita proudu z maximální hodnoty v jednom směru na maximální hodnotu v druhém směru přes hodnotu nullovou, při čemž vždy se musí uhlíky aspoň poněkud ochladiti.

Tím ovšem je spotřeba proudu na 1 svíčku větší a proto jsou lampy na střídavý proud mnohem méně

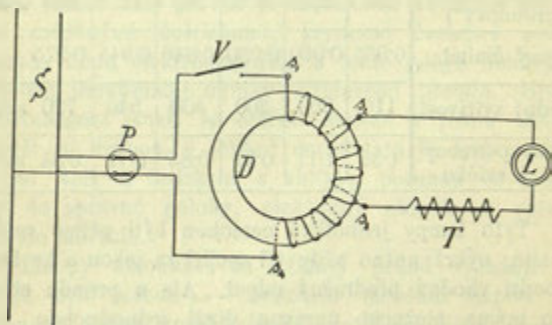
oekonomické než lampy na proud stejnosměrný, jak plyne z této tabulky, sestavené pro lampy bez skleněného zvonu, ale s reflektorem nad uhlíky.

Intensita proudu	6	8	10	12	15	20 <i>ampère</i>
Napětí lampy	29	29	29	30	30	31 <i>volt</i>
Zdánlivý efekt proudový (<i>EI</i>)	174	232	290	360	450	620 <i>watt</i>
Skutečný efekt proudový*)	168	222	276	340	425	605 <i>watt</i>
Fázový činitel	0·965	0·960	0·950	0·946	0·945	0·975
Střední svítivost	110	200	300	400	540	720 <i>svíček</i>
Effekt potřebný na 1 svíčku	1·53	1·11	0·92	0·85	0·79	0·84 <i>watt</i>

Tyto lampy jednotlivě nemohou býti přímo vepiáty do sítě, nýbrž nutno vždy tři spojit za sebou a ke každé připojit vhodný předražný odpor. Ale u proudu střídavého máme možnost úpravou dosti jednoduchou, totiž transformátorem, z celého napětí v síti vzít si pouze část potřebnou. Nejjednodušším takovým přístrojem jest autotransformátor s jedinou pouze cívkou, zvaný *divisorem*, o němž učiněna byla zmínka již v I. díle. Napájení lampy střídavým proudem pomocí takového divisoru je patrno z obr. 33. Ze sítě *S* vedou se dva dráty (při proudu trojfázovém může to býti kterákoli větev) přes pojistku *P* a vypínač *V* ke krajním svorkám s_1 a s_4 divisoru *D*. Od kterýchkoliv pak dvou sousedních svorek

*) Skutečný efekt záleží — jak vyloženo v I. díle — nejen na intensitě a napětí proudu, nýbrž i na jejich fázovém rozdílu φ ; $\cos \varphi$ dán je pak fázovým činitelem.

divisoru — na obr. na př. s_2 a s_3 — vedou se dráty k lampě L a tlumicí cívice T , jež může být též nabazena obyčejným předražným odporem. Dokud klíč není zapjat, neprochází ani divisorem, ani lampou proud; jakmile se však uzavře vedení, proběhne primární proud divisorem a do lampy dostane se proud transformovaný o napětí menším dle toho, jak jsou závitů cívky rozděleny. Při úpravě na obrázku naznačené dostala by lampa třetinu napětí primárního, t. j. 40 volt.



Obr. 19.

Také u lamp na proud střídavý lze oblouk uzavřítí malým skleněným zvonkem, aby uhlíky neuhořovaly tak rychle, nýbrž vydržely déle (asi 50—70 hodin), ale oekonomie takových lamp je ještě horší než u lamp dříve uvedených.

Veliký pokrok v technice osvětlovací znamenají lampy, jež se objevily na konci 19. století, *lampy plamencové* (Flammenbogenlampen), jimiž oekonomie lamp se zvýšila měrou neobyčejnou. Princip, na němž se to děje, není nový, neboť již r. 1844 konány byly pokusy

s barevným obloukem vytvořeným mezi uhlíky různými roztoky napojenými a pokusy podobné i u nás později byly prováděny, ale nevedly k dobrému výsledku. Teprve ke konci století 19. století podařilo se Bremerovi zhotoviti vhodné uhlíky a to tím, že k prášku, z něhož se uhlíky anebo jejich knoty vytlačují, přidal v určitém poměru soli strontnaté, barnaté, vápenaté atd. Zavede-li se do těchto uhlíků proud, vznikne na jejich koncích po oddálení značné teplo, kterým se kovy v solích obsažené promění v páry a tyto žhnouce dodávají světelnému oblouku neobyčejné jasnosti.

Jak hned s počátku jsem uvedl, u obyčejných lamp obloukových nejvíce světla vychází od kladného uhlíku, kdežto od samotného oblouku jen nepatrná část, za to však u lamp plamencových přispívá oblouk k úhrnné svítivosti měrou velice značnou. Podle toho, jakými solemi jsou uhlíky napojeny, máme různé barvy světla elektrického; nejčastěji vídáváme světlo žluté, světlo červené a mlékově bílé. Podle Weddinga nejprůzračnější využitkuje se oblouku světelného přísadou 15⁰/₀ fluoridu vápenatého; užije-li se místo toho anebo vedle toho soli strontnatých, po případě barnatých, nabude světlo zabarvení červeného nebo stkvěle bílého, při čemž však oekonomie lampy je menší.

Při svícení lampou plamencovou vytváří se též značné množství škodlivých plynů, tak že se nedá jí užíti v uzavřených místnostech, špatně ventilovaných. Za to však ve velikých volných prostorách, kde o ventilaci je postaráno, anebo na volném vzduchu osvědčují se tyto lampy výborně a také hojně se jich užívá; jen nutno při konstrukci lampy pečovati o to, aby regulační ústrojí bylo co nejdokonaleji chráněno před vznikajícími plyny, poněvadž by jimi v krátké době nadobro bylo zničeno,

Hlavní rozdíl plamencových lamp proti obyčejným spočívá jen v jejich uhlících i lze tedy také užiti pro ně týchž konstrukcí, jež dříve byly již popsány; aby se však světla využilo co nejvíce, hotoví se nyní tak, že se uhlíky kladou vedle sebe, jsouce proti sobě skloněny o úhel nepřiliš veliký, čímž dosáhne se toho, že skoro veškeré světlo vrhá se k zemi velmi intensivně a beze stínu. Oblouk světelný, který je mnohem delší než u obyčejných lamp, rozšiřuje se mezi konci uhlíků vějířovitě, čemuž při některých konstrukcích lamp se napomáhá ještě magnetem, postaveným nad obloukem.

U těchto lamp jest oekonomie velmi značná, ale právě tak jako u obyčejných (zejména pro menší intensitu proudovou) zase větší u lamp na proud stejnosměrný než u lamp na proud střídavý. Lamps tyto vyžadují napětí 45—50 *volt* a oekonomii jejich můžeme posouditi z následujících tabulek:

a) při stejnosměrném proudu:

Intensita proudu	6	8	10	12	15	20 <i>ampère</i>
napětí lampy	45	45	46	47	48	52 <i>volt</i>
střední svítivost	1000	1800	2300	2750	3400	4550 <i>svíček</i>
efekt na 1 svíčku	0·270	0·200	0·200	0·204	0·212	0·228 <i>watt</i>

b) při střídavém proudu:


intensity proudu	8	10	12	15 <i>ampère</i>
napětí lampy	45	45	45	46 <i>volt</i>
zdánlivý efekt proudu	360	450	540	690 <i>watt</i>
skutečný efekt proudu	320	390	465	595 <i>watt</i>
fázový činitel	0·890	0·867	0·860	0·860
střední svítivost	1200	1950	3200	3200 <i>svíček</i>
efekt na 1 svíčku	0·266	0·200	0·186	0·186 <i>watt</i>

Hodnoty zde uvedené platí pouze pro uhlíky vydávající žluté světlo a napojené příslušnou solí jen do té míry, aby při hoření nevznikaly strusky, které způsobují neklidné světlo; starší tabulky vykazují leckdy hodnoty ještě příznivější, ale to lze vysvětliti právě tím, že se dříve na ujmu klidného světla užívalo uhlíků mnohem nasycenějších.

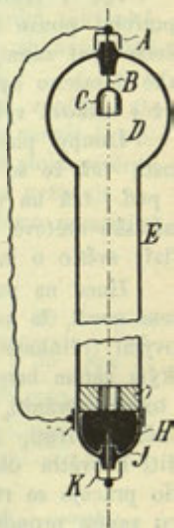
Leč i takto dostáváme na 1 svíčku průměrnou spotřebu pouze 0·2 *watt*, což je hodnota nejmenší ze všech nyní známých praktických zdrojů světelných. Tím také dosaženo bylo nejlacinějšího světelného zdroje vůbec, byť i celková výkonnost měřila pouze 3·4⁰/₀₀.

Lampy plamencové lze hotoviti pro obromné svítivosti, tak že se výborně hodí pro osvětlování majáků a pod.; tak na př. první lampy Bremerovy r. 1900 při pařížské světové výstavě na Eiffelově věži zavěšené vysílaly světlo o intenzitě 50.000 svíček.

Hned na počátku výkladu o lampách obloukových jsem uvedl, že světelný oblouk vytvoří se také mezi kovovými tyčinkami, ale že nevydrží dlouho, jelikož kov velikým žářem brzy se roztaví. Ale při vhodné úpravě lze i tomu zabrániti, jak to skutečně je provedeno u lamp plněných rtutí, kteréhožto kovu jediného lze prakticky užiti k světlu obloukovému. Světlo rtuťové zná každý, kdo pracuje se rtuťovými přerušovači anebo kdo užívá pro zapětí proudu rtuťových kontaktů; ví, že je to světlo velmi jasné, ale ví zároveň, že současně se vyvinuje veliké množství rtuťových par, které jsou zdraví lidskému velice škodlivy. Proto nerozšířila se *rtuťová lampá*, jež demonstrována byla již v letech šedesátých minulého století a u níž rtuťový oblouk, vydávající světlo neobyčejně jasné, hořel na volném vzduchu, tak že za vynálezce plným právem může se považovati teprve A r o n s

r. 1892, jenž rtuťový oblouk uzavřel do skleněné trubice, zahnuté do tvaru . Obě ramena této trubice, pravé i levé, byla naplněna rtutí a proud se do nich přiváděl pomocí zatavených platinových drátů. Rtuť v obou ramenech byla od sebe oddělena hořejším ohybem, tak že, když se chtělo způsobiti spojení, musilo se lampou zatrásti, aby se úzký proužek rtuti přelil z ramena do ramena. Tím uzavřelo se na okamžik vedení proudové, rtuť se rozžhavila, páry její vyplnily prázdňovou trubici a vydávaly velmi intenzivní světlo. Při hoření vznikalo však velké teplo, tak že lampa musila se neustále chladiti anebo směla se nechat nepřetržitě svítiti jen kratší dobu, což praktickému jejímu rozšíření bylo na závalu; užívalo se jí však přece dosti mnoho při různých měřeních optických ve fysikálních laboratořích.

Technicky lampu rtuťovou zdokonalil a pro praktické upotřebení přizpůsobil asi r. 1900 inženýr Cooper-Hewitt v Americe. Lampa od něho zhotovená a zvaná po něm *lampou Cooper-Hewittovou* skládá se (obr. 34.) z dlouhé válcovité trubice *E*, která má dva póly *A* a *K*, u nichž jsou zataveny přírodní dráty *B* a *J*. Trubice *E*



Obr. 34.

je téměř vzduchoprázdna, neboť uvnitř nesvítící lampy je napětí pouze asi 1 *mm*, když pak lampa nějaký čas svítí a trubice se zahřeje tou měrou, že již žádné kapky rtuti se na jejích stěnách nesrážejí, jest uvnitř tlak asi 12 *mm*. Nahoře je trubice rozšířena v baňku *D*, jež

majíc větší povrch velmi mnoho napomáhá k ochlazení celé lampy. Zápornou elektrodou H je rtuť, kladnou elektrodou C , obyčejně ve tvaru pohárovitém, buď uhel nebo železo. Má-li se tato lampa rozsvítiti, skloní se tolik, aby rtuť z místa H se přelila k elektrodě C , načež se zase hned postaví svisle. Tím uzavře se proud a když se na některém místě proužek rtuti přetrhne, vytvoří se tam světelný oblouk, který vyplní celou trubici modravým světlem; pak vodičem elektrického proudu jsou rtuťové páry.

Rtuťová lampa má v ledačem velikou podobnost s lampami plamencovými; jako tyto má i ona největší svítivost ne na elektrodách, nýbrž ve světelném oblouku samotném, jehož temperatura není příliš vysoká, neboť nepřekročí bod varu rtuti ve zředěném prostoru. Přicházíme tedy u obou těchto druhů lamp již ke světlu, jež nemá původ jako obyčejné známé světlo pouze ve zvyšování temperature, nýbrž v něčem jiném; není to tedy již světlo teplotové (normální), nýbrž světlo *luminescenční*, o němž podrobněji promluveno bude v dalším díle při výboji elektrickém v plynech. Zde jen tolik budiž řečeno, že podle *Wiedemanna* nazýváme ony světelné zjevy luminescenčními, které vydávají intensitu světelnou, ve svíčkách vyjádřenou, větší, než odpovídá příslušné temperature.

U lamp rtuťových z veškerého vysílaného záření připadá na viditelné záření světelné plných 44%, nejvíce ze všech dosud známých praktických zdrojů světelných; celková výkonnost není však tak výhodná, neboť měří pouze 6·4%/₁₀₀.

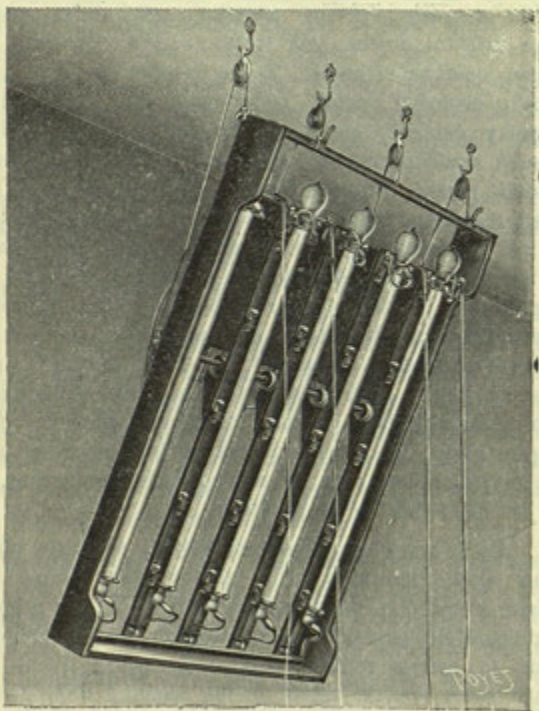
Rtuťové lampy hotoví se nyní pro praktickou potřebu ve dvou typech různé délky; lampy kratší (asi 50 cm) vyžadují napětí kolem 40 volt a zapínají se

tedy do sítě s obvyklým rozdílem potenciálním 110 *volt* po dvou za sebou, kdežto lampy delší (100 *cm*) potřebují asi 80 *volt*, tak že se mohou do sítě zapnouti jednotlivě, ovšem s příslušným předražným odporem. Menší lampy mají svítivost asi 300—400 svíček, větší až 800 svíček a potřebují na 1 svíčku průměrně 0·5 *watt*, tak že patří k lampám velmi úsporným, zejména povážíme-li, že každá vydrží hořeti minimálně 2000 hodin.

Dokud lampa nesvítí, je rozdíl potenciální mezi oběma elektrodami tak veliký, že proudem o malém napětí pouze 40 *volt* nemůže vzniknouti oblouk světelný. Je tedy k rozsvícení nutno tento veliký počáteční rozdíl potenciální nějakým způsobem zmenšiti, a to se dá provésti dvojím způsobem: buď vyloženým již otočením lampy tak, aby se rtuť přelila k elektrodě kladné, anebo zavedením pomocného proudového nárazu o vysokém napětí. V tomto druhém případě bývá k lampě přidán malý transformátor (indukční stroj); jakmile se normální proud zapne, proběhne nejprve induktorem, kde se transformuje v proud vyššího napětí, a tento proud již stačí k tomu, aby se světelný oblouk mezi oběma elektrodami vytvořil. Když pak je oblouk jednou již vytvořen, může se induktor ihned vypnouti a světlo se udržuje dále již proudem o malém napětí. Místo induktoru postačí někdy též jen cívka samoindukční, kterou při spojení anebo přerušení proudu dosáhne se rovněž potřebného impulsu proudového.

Lampy rtuťové vysílají světlo zelenavěmodré, v němž obličej lidský jeví se sinalý a v němž i jednotlivé barvy ukazují se zcela nesprávně; proto pro osvětlování obytných místností, divadel a pod. naprosto se nehodí, ale za to tím spíše pro osvětlování pracovních síní, neboť se jimi oko skoro nic neunavuje. Rovněž tak výborně

hodí se rtuťové lampy pro osvětlování fotografických atelierů a obr. 35. ukazuje skupinu lamp Cooper-Hewitových, jak se jí užívá pro umělé osvětlení při foto-



Obr. 35.

grafování. Na obrázku viděti je také provazce, jimiž lampa se stočí k zemi a pak zas postaví do správné polohy, aby se rozsvítila.

Rozložíme-li světlo rtuťové lampy pomocí hranolu ve spektrum, vidíme řadu světlých čar, a to vedle čáry žluté a zelené množství čar v části modré, fialové a ultrafialové, ale žádné čáry červené. Scházejí tedy tomuto světlu naprosto červené paprsky a tím si lze vysvětliti onen zvláštní dojem, jež světlo to dělá. Zmírniti tento dojem snad načervenalým sklem lampy samotné je naprosto nemožné, neboť načervenalé sklo propouští sice paprsky červené, ale jen tehdy, když je zdroj světlu v sobě skutečně má, a to zde není. Lze tedy nanejvýš přidati nějaké červené paprsky ke rtuťovým tím, že se místo čisté elektrody rtuťové užije elektrody amalgamu na př. kademnatého, t. j. ze slitiny rtuti s kadmíem, jež je bohato paprsky červenými a při nízké poměrně teplotuře se již taví. Ale právě hojnost paprsků fialových a ultrafialových činí tuto lampu zvláště vhodnou pro leckteré případy, tak na př. hned ve fotografii, neboť paprsky fialové patří k paprskům chemicky nejúčinnějším. Ještě účinnější jsou paprsky za fialovým koncem spektra se prostírající, jež zoveme paprsky *ultrafialovými*, ale ty obyčejným sklem jsou ve značné míře pohlcovány, tak že jen málo jich se propouští.

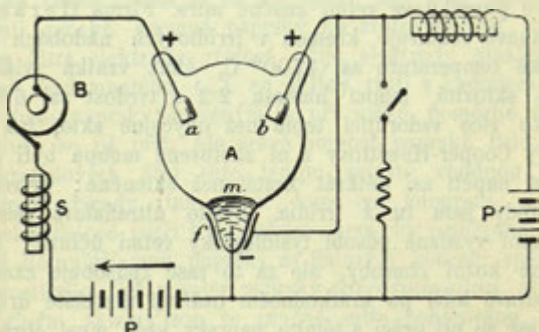
Ale i tomu lze odpomoci, užije-li se místo obyčejného skla zvláštního skla zhotoveného Schottem v Jeně a zvaného sklem *uvioletovým* (*UV*), jež propouští ultrafialových paprsků velmi mnoho. Pro fotografování nemá to ovšem velikého významu, neboť třeba by i lampa sama vysílala velmi mnoho paprsků ultrafialových, přece na citlivou desku nedopadnou, jelikož jsou pohlceny čočkami zhotovenými z obyčejného skla, ale za to má to veliký význam v lékařství.

Paprsky ultrafialové působí totiž především ničivě na různé mikroorganismy, jež jsou příčinou velmi četných

nemoci, zejména kožních. Byl to zejména F i n s e n, jenž světlem ultrafialovým léčil s velikým zdarem zvláště kožní nemoci a za zdroje světelné užíval k tomu jednak světla slunečního, jednak obloukového, u něhož obyčejné uhlíky nahradil hroty železnými, tak že místo uhlíkového oblouku se vytvořoval vlastně oblouk z par železných. Daleko však účinnější jsou lampy rtuťové, zejména užije-li se místo obyčejného skla uvedeného již skla uviolového anebo ještě lépe taveného křemene, který propouští ultrafialové paprsky ve velmi značné míře. Firma Heraeus v Hanavě roztavuje křemen v irridiových nádobách při vysoké teplotě asi 1700°C , čímž vzniká zvláštní látka sklovitá, mající hustotu 2·2 a tvrdost asi 6·5 a daleko více vzdorující teplotě než obyčejné sklo, tak že lampy Cooper-Hewittovy z ní zhotovené mohou býti pro stejné napětí asi pětikrát kratší než skleněné; přírodní elektrody jsou tu z iridia. Světlo ultrafialové těmito lampami vysílané působí fyziologicky velmi účinně; léčí mnohé kožní choroby, ale za to zase způsobuje záněty na zdravé kůži po krátkodobém ozáření a zvláště dráždí oči, jež se při práci s těmito paprsky vždy musí chrániti aspoň brejlemi z obyčejného skla.

Rtuťové lampy mají však ještě jinou důležitost; lze je totiž upravit tak, aby propouštěly proud jen v jedním směru, tak že se hodí výborně k usměrňování střídavého proudu. V I. díle vyložil jsem Graetzův elektrolytický usměrňovač, zde pak budiž vyložen usměrňovač jiný, lampa Cooper-Hewittova, zvaná též *elektrickým ventilem*, která pro jednoduché proudy střídavé je znázorněna na obr. 36. Skládá se z kulovité rtuťové lampy *A*, která má dvě železné anody, *a* a *b*, a rtuťovou katodu *m*; kolem katody je cínový lístek *f*, jenž je připojen k anodě *b*, čímž vzniká kondensátor, jehož izolá-

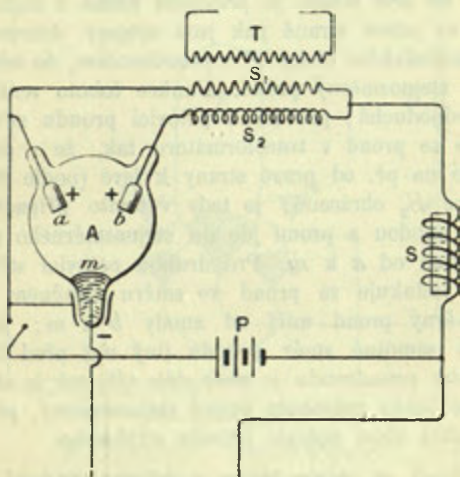
torem je sklo lampy a oběma kovovými polepy rtuť a cínový listek. Základním principem tohoto ventilu jest, že kathoda nedovoluje procházeti proudu, dokud povrch její není učiněn vodivým, dokud totiž není překonán počáteční veliký odpor, jak již dříve bylo uvedeno. Nutno tedy vodivou učiniti jen jednu určitou elektrodu a to v případě zobrazeném je provedeno batterií akumulátorů P' , pomocí které elektroda m stane se kathodou a b anodou. K tomu stačí jen málo článků, neboť



Obr. 36.

již napětí 14 volt stačí k udržování proudu mezi b a m o intensitě 3·5 ampère. Je-li tedy m vodivou kathodou, může proud procházeti jen směrem *ke kathodě* m a nikoliv od ní a proto tedy, spojíme-li elektrody a a m se zdrojem B jednoduchého střídavého proudu, propouští se z něho rtuťovou lampou jen ta polovice, pro kterou m je kathodou. I můžeme pak do dalšího proudovodu zdroje B dáti jakýkoli přístroj a ten je napájen proudem stejnosměrným, nikoliv již střídavým, o intensitě skoro neproměnné, čemuž napomáhá samoindukční cívka S .

Lze tedy tímto způsobem nabíjeti na př. akumulátory *P*, což má veliký význam, jelikož pro mnohé práce jsou akumulátory neocenitelnou pomůckou a zhusta upouští se od nich jen proto, že nelze jich nabíjeti střídavým proudem, který ve většině velikých měst je k dispozici. Lze ovšem nsměřňovati proud — jak bylo vyloženo v I. díle — rotačními transformátory, ale to je zařízení



Obr. 37.

příliš drahé a proto elektrické ventily Cooper-Hewittovy podobně jako elektrolytický usměrňovač Graetzův mají veliký význam v městech, kde se užívá jen proudu střídavého nebo točivého.

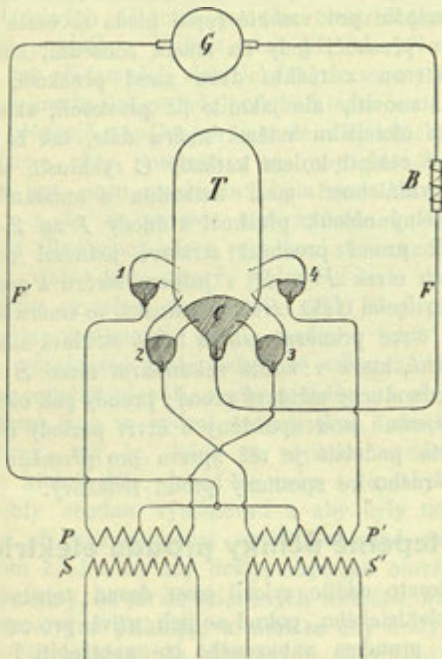
Jak patrně, popsáným přístrojem lze zužitkovati pouze polovici střídavého proudu, kdežto druhá polovice se zachycuje a do proudovodu vůbec nepřichází; aby

i této druhé polovici se využilo, upraven je ventil tak, jak znázorňuje obr. 37. Baterií P opět se kathoda m činí vodivou, anody pak a a b jsou spojeny s dvěma sekundárními cívkami S_1 a S_2 transformátoru, do jehož primární cívký T je veden střídavý proud ze zdroje elektrického. Obě sekundární cívký mají stejný počet závitů, ale jsou vinuty nestejno, jedna v pravo, druhá v levo; na levé straně je připojena každá z nich k jiné anodě, na pravé straně pak jsou spojeny dohromady a přes samoindukční cívku S s proudovodem, do něhož má vcházeti stejnosměrný proud. Funkce tohoto ventilu jest úplně jednoduchá; pro jednu polovici proudu střídavého indukuje se proud v transformátoru tak, že v cívce S_1 proběhne na př. od pravé strany k levé (podle obrázku) a v cívce S_2 obráceně; je tedy v tomto případě elektroda a anodou a proud jde do stejnosměrného proudovodu cestou od a k m . Pro druhou polovici střídavého proudu indukuje se proud ve směru opačném a tedy stejnosměrný proud míří od anody b k m ; je tudíž v lampě samotné směr proudu jiný než před tím, ale ve vnějším proudovodu je směr stále týž, tak že skutečně obdržíme tímto způsobem proud stejnosměrný, při němž jest využito obou polovic proudu střídavého.

Užije-li se místo lampy s dvěma anodami lampy s třemi anodami, lze usměrňovati přímo i proud trojfázový.

Rtuťovými lampami lze však též obráceně přeměnit proud stejnosměrný v jednoduchý proud střídavý anebo v proud vícefázový; za příklad uvedu pouze *transformátor Steinmetzův* k přeměně proudu stejnosměrného v jednoduchý střídavý. Lampa rtuťová T zde užitá (obr. 38.) má spíše tvar lampy Aronsovy, kde elektrody jsou umístěny vedle sebe, nikoliv proti sobě. U této

lampy je jedna rtuťová kathoda C , která přes vyrovnávací samoindukční cívku B je připojena drátem F k dynamu G , a čtyři ramena pobočná 1, 2, 3, 4, rovněž naplněná rtutí, jež postupně stávají se anodami a jsou



Obr. 38.

připojena ke koncům primárních cívek P a P' dvou transformátorů, jichž sekundární cívky jsou S a S' . Připojení to lze snadno poznati z obrázku, kde je též viděti, že středy obou primárních cívek jsou spojeny do-

hromady a vodivě připojeny drátem F'' k druhému pólu dynama. Chceme-li přístroj uvést v činnost, otřese se lampou, aby se rtuť přelila ze střední nádoby (kathody) k některé anodě, na př. k anodě 1. Vytvoří se tedy hned světelný oblouk, ale ten nezůstane tkviti nepohnutě, nýbrž nejspíše pro vzniklé teplo hledá si cestu menšího odporu a přeskočí tedy na anodu sousední, buď 2 nebo 4. Na kterou z těchto dvou anod přeskočí, nedá se předem stanovit, ale jakmile již přeskočil, skočí v následujícím okamžiku v témž směru dále, tak že se počne pravidelně otáčet kolem kathody C rychlostí, jež je závislá na vzdálenosti mezi kathodou a anodami. Nechť tedy světelný oblouk přeskočí z anody 1 na 2, 3, 4, 1, atd; pak proud prochází střídavě jedněmi polovicemi primárních cívek P a P' v jednom směru a potom druhými polovicemi týchž cívek primárních ve směru opačném. V každé cívce primární vzniká takto střídavá síla magnetomotorická, která v každé sekundární cívce S a S' indukuje jednoduchý střídavý proud; proudy pak obou těchto cívek vzájemně jsou zpožděny o čtvrt periody čili o 90° .

Zcela podobná je též úprava pro přeměnu proudu stejnosměrného ve spoutaný proud třífázový.

c) Jiné tepelné účinky proudu elektrického.

V tomto oddíle vyložil jsem dosud tepelné účinky proudu elektrického, pokud se jich užívá pro osvětlování, ale tepla proudem vzbuzeného lze upotřebiti i v jiných případech.

Zavede-li se dostatečně silný proud elektrický do platinového drátu, rozžhaví se tento drát tak, že možno jím vypalovati rány nebo některé operace místo nožem prováděti a pod.; toto medicinské užití proudu elektrického nazýváme *galvanokaustikou*.

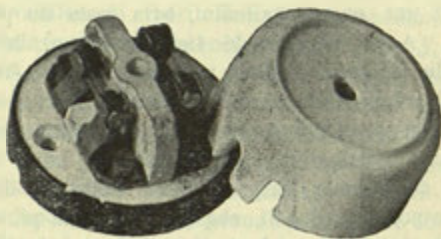
Rozžhaveným drátem lze zapáliti též třaskavé látky v podkopech nahromaděné, čehož se v praksi velmi hojně užívá, protože je tu možno úplně bez nebezpečí zapáliti podkop z libovolné dálky, pokud sahají přírodní dráty.

Na tepelných účincích proudu elektrického zakládají se též *pojistky*. Vyložil jsem již jak při elektromotorech, tak při lampách elektrických, že snesou vždy jen určité silný maximální proud; podobně tomu jest i u všech ostatních přístrojů napájených proudem elektrickým, tak že se musíme vždy postarati o to, aby proudu silnějšímu, než jest onen maximální, byla cesta do přístrojů zamezena. A to se provede tím způsobem, že se do proudovodu (lhostejno, zda s proudem stejnosměrným či střídavým) vloží drát, zvaný pojistkou, tak vyměřený, aby silnějším proudem se roztavil. Tak silný proud ve vedení může vzniknouti velmi snadno, když ku př. jednotlivé neisolované dráty vedení se vzájemně dotknou. Jakmile se pojistka přepálí, zhasnou ovšem na př. všechny lampy, které jsou ve vedení za pojistkou, ale zůstanou bez pohromy, tak že, když se pojistka vymění, hoří hned zase klidně dále. Jedná se tedy o to, aby se pojistky mohly snadno vyměňovati a aby byly tak upraveny, aby při jich roztavení nevzniklo snad nebezpečí ohně. Proto kladou se ony dráty, obyčejně olověné nebo ze vhodné slitiny, na př. do skleněných trubiček, které jsou uzavřeny kovovými příklopy, k nimž se ony dráty přitaví. Tyto trubičky nazývají se skleněnými patronami a vtlačí se právě svými kovovými příklopy mezi kovové zpruhy, k nimž jsou připojeny dráty vedení, což je patrno z obr. 39. V jedné pojistce na zdi přišroubované bývají obyčejně dvě takové patrony, tak že je tu pojištění pro oba dráty vedení. Že je zde výměna patron velmi pohodlná, pochopí jistě každý, ale ještě pohodlnější je výměna po-

jistek, které se prostě zašroubují do Edisonových objímek jako žárovky. Tyto pojistky vypadají jako spodní část žárovky (bez skleněné baňky), ale místo vlákna uhelného mají tam připevněný drát, jenž se při proudu příliš silném roztaví.

Pro proudy o vysokém napětí užívá se pojistek složitějších, poněvadž musí býti zejména dobře izolovány.

Tepla vzniklého proudem elektrickým lze užiti též k vytápění místností, k vaření atd., krátce ke všemu tomu, k čemu se užívá tepla způsobeného hořením uhlí



Obr. 39.

nebo plynu; hned však budiž připomenuto, že všude tam, kde není cena elektrické energie hodně malá, je toto elektrické topení málo oekonomické.

Vzpomeňme si opět na základní vzorec pro množství tepla:

$$M = 0.24 V i t \text{ kal.}$$

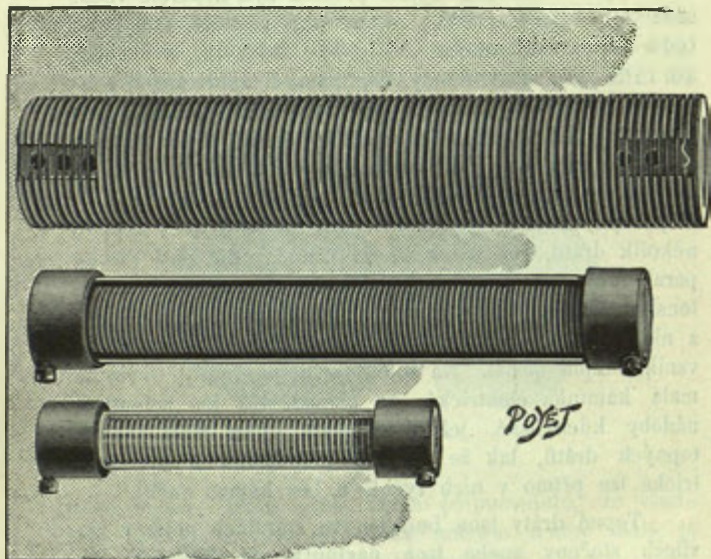
a vypočítejme, jak silný proud bychom musili bráti ze sítě o napětí 120 volt, aby se jím 1 l vody za 10 minut z teploty na př. 10° C uvedl do varu (100° C). Na to je potřebí celkem 9000 kalorií a když dosadíme příslušné veličiny do předchozího vzorce, vyjde nám

$i = 5.2$ ampère. Ve skutečnosti ovšem by musil být proud ještě silnější, poněvadž ve výpočtu nebylo dbáno toho, že část tepla vysálá do okolí.

Kdybychom chtěli tutéž vodu přivést do varu za 5 minut, musila by intenzita proudu být dvakrát větší, totiž 10.4 ampère atd.; v prvním případě musil by tudíž odpor zahřívajícího vodiče být 23 ohm, v druhém asi 11.5 ohm. Patrně tedy, že, máme-li zahřívání urychlit nebo zvolnit, musíme mít možnost měnit odpor vepjatého vodiče, ale ne pomocí obyčejného reostatů, poněvadž v něm sice také část energie elektrické mění se v teplo, avšak zcela neúčinně. Za tím účelem u většiny topných přístrojů elektrických je vedle sebe napojeno několik drátů, jež vedou se do proudovodu buď všechny paralelně, tak že celkový jejich odpor je nejmenší a intenzita procházejícího proudu největší, anebo jen některé z nich, tak že odpor je větší a tím intenzita proudu a vzniklé teplo menší. Na tomto principu bývají zařazena malá kamínka elektrická, po případě též jen jednotlivé nádoby kuchyňské, jež těsně pode dnem mají systém topných drátů, tak že pouhým připojením k síti elektrické lze přímo v nich rychle a bez kamen vařit.

Topné dráty jsou buď jen ve spirálách nebo v závitech stočeny anebo jsou navinuty na válečkách, jak patrně na obr. 40. Takovéto topné těleso skládá se v podstatě z dutého válečku z vypálené hrnčířské hlíny, který je na svém plášti opatřen šroubovými závity, do nichž je navinut drát o dosti značném specifickém odporu (obyčejně z nějaké niklové slitiny); konce tohoto drátu jsou připojeny ke kovovým prstenům, ukončujícím hliněný váleček. Válečky určené pro topení v kamnech nebo krbech jsou opatřeny skleněným cylindrem, válečky pro kuchyňské upotřebení polovičním cylindrem asbesto-

vým. Pustí-li se do tohoto topného přístroje proud, rozžhaví se nejprve drát do červena a sdělí teplo s hliněným válečkem, který pak také sám se stane velmi vydatným zdrojem a udržovatelem tepla.



Obr. 40.

V nové době velmi mnoho se hovoří o topném systému *kryptolovém*, uvedeném do obchodu brémskou společností. Jméno tohoto systému pochází od zvláštního prášku *kryptol* nazvaného, jenž se skládá z uhlíku, karborunda, různých křemičitanů, skla a pod. Látky tyto nejprve se roztlukou, dobře promíchají, pak stlačí v souvislou hmotu a konečně opět rozmělní v drobná kulovitá

nebo čočkovitá zrnka průměru nejvýš asi 1·5 *mm*, v kteréžto formě přicházejí do obchodu. Způsob topení pomocí kryptolu je různý; nejjednodušší je ten, že se prášek nasype v dosti silné vrstvě na pánvičku vyloženou ohnivzdornými deskami. Jakmile pak se do pánvičky vpustí proud o napětí asi 100 *volt*, vytvoří se nejprve mezi částicemi uhlíku světelné oblouky, jichž žářem oteplí se i jiné hmoty v kryptolu, které jsouce zprvu špatně vodivé stanou se nyní dobře vodivými a rozžhaví se též, tak že v krátké době celá hmota rovnoměrně se rozpálí a vysílá teplo do okolí. Tuto úpravu mohli bychom nejspíše srovnati s obyčejnou otevřenou pánvičkou na žhavé uhlí, jaké se užívá při vysoušení bytů a pod.; má jako tato leckteré výhody, ale též nevýhody, tak že pro vytápění uzavřených bytů se naprosto nehodí. Proto tedy kryptolová společnost uzavřela zmíněný prášek v určitém množství do skleněných nebo šamotových válců, na konci neprodyšně uzavřených kovovým závěrem, k němuž se přivádí proud. Tak dostaly se do oběhu kryptolové patrony, které se mohou dohromady spojovati paralelně v různém počtu, aby se dosáhlo mohutnějších účinků tepelných.

Kryptolový topný systém je zároveň jakýmsi přechodem mezi tepelnými účinky žárovými a účinky, vzbuzenými elektrickým obloukem. Uvedl jsem již při výkladu světla obloukového, že teplota celého oblouku a zejména kladného uhlíku je nejvyšší teplotou, které lze na zemi umělým způsobem dosíci. Této vysoké teploty lze pak ovšem velmi dobře v praxi použiti. Tak na př. lze za vysokého tohoto žáru spájeti jednotlivé kovy anebo letovati, což se provádí zvláštními velice pohodlnými elektrickými letovadly. Nejčastěji však užívá se elektrického oblouku pro tavení kovů v elektrických pe-

cích, ale to patří již spíše k chemickému využití proudu elektrického a proto bude o tom pojednáno až v další kapitole.

d) Thermoelektřina.

V celé této kapitole bylo dosud mluveno o teple, které vzniká, když elektrický proud prochází nějakým vodičem první třídy. Zajímavý zjev však uvidíme též, když elektrický proud pošleme dlema různými kovovými vodiči jedním koncem spolu sletovanými. Tu nenastane totiž vždy oteplení, nýbrž někdy i ochlazení spojovacího místa podle toho, jakým směrem proud prochází. K ukázání tohoto zjevu hodí se nejlépe tyč vizmutová a antimonová; sletujeme-li je jedním koncem k sobě a pošleme-li proud tak, aby procházel od vizmutu k antimonu, spojovací místo se ochladí, kdežto, projde-li proud směrem od antimonu k vizmutu, právě naopak zase se zahřeje. Zjev tento zoveme *xjevem Peltierovým* a teplo zde vzniklé *teplem Peltierovým* (kladným nebo záporným) na rozdíl od tepla Jouleova, o němž dříve byla řeč.

Zjev tento byl pozorován r. 1834, ale již dříve (r. 1823) poznal obrácený zjev Seebeck; ukázal totiž, že uzavřeným proudovodem, sletovaným ze dvou různých kovů, prochází proud, jakmile sletované místo má teplotu jinou než ostatní proudovod. Směr pak tohoto proudu je různý podle toho, zda teplota tato je vyšší či nižší než teplota proudovodu. Tak na př. je-li uzavřený proudovod sletován z tyče antimonové a vizmutové a zahříváme-li místo sletované nad teplotu ostatního proudovodu, vznikne tu proud od vizmutu k antimonu, kdežto ochlazujeme-li sletované místo, vznikne proud směru obráceného od antimonu k vizmutu,

Ten kov (zde antimon), k němuž proud při zahřátí sletovaného místa míří, sluje *positivním* (ve smyslu thermoelektrickém), druhý kov (zde vizmut), od něhož proud vychází, *negativním*. Proud zde vzniklý nazývá se *thermoproudem* a — jak patrně — je vždy toho směru, že vzbuzené jím teplo Peltierovo snaží se zachovati dřívější stav tepelný; zahřeje-li se tedy sletované místo, hledí thermoproud toto místo zase ochladiti a podobně i naopak. Pravidlo toto je úplně obdobné zákonu Lenzovu o indukci, jenž byl vyložen v I. díle, a dá se vyložití stejně jako tento z principu zachování energie; neboť kdyby vzniklý thermoproud byl opačného směru, než skutečně jest, místo jednou zahřáté zahřívalo by se samo sebou již neustále a tak tedy dostávali bychom trvale energii z ničeho, což ovšem nemůže býti.

Leč uvedené dva kovy (vizmut a antimon) nejsou jediné, na nichž se zjevy právě popsané dají pozorovati, nýbrž je jich velmi mnoho a dají se všechny seřaditi v řadu thermoelektrickou a to tak, že při spojení kterýchkoli dvou kovů této řady při zahřátí sletovaného místa jde proud vždy od kovu předcházejícího k následujícímu, že tedy vždy přední kov je negativní vůči kovům zadním, positivním. Řady tyto od různých badatelů jsou leckdy různě udávány; tak na př. H a n k e l (r. 1844) udává tuto řadu: (—) sodík, draslík, vizmut, nikl, kobalt, palladium, rtuť, platina, zlato, měď, cín, aluminium, olovo, zinek, stříbro, kadmium, železo, antimon (+). Sletováním pak kterýchkoli dvou kovů této řady na jednom konci dohromady obdržíme otevřený *thermoelektrický článek* (thermoelement), který stejně jako obyčejný článek galvanický můžeme vnějším proudovodem uzavříti.

Elektromotorická síla takového článku je přibližně dána vzorcem:

$$E = A(t_2 - t_1),$$

kdež t_2 značí temperaturu místa sletovaného, t_1 temperaturu volných konců a A konstantu, která záleží hlavně na jakosti sletovaných kovů, ale částečně též na střední teplotě celého článku. Proto psává se tato rovnice též ve tvaru Avenariově:

$$E = \left(a + 2b \cdot \frac{t_1 + t_2}{2} \right) (t_2 - t_1),$$

kdež a je konstanta článku pro střední teplotu 0° a $2b$ přírůstek této konstanty, připadající na 1 stupeň. Je tedy elektromotorická síla tím větší, čím je větší rozdíl temperatur, ale to neplatí k temperaturám libovolně velikým, nýbrž jen v určitém rozmezí; tak na př. pro článek zlato—měď platí to v rozmezí od 20° do 300° úplně přesně. Ve většině případů pozoruje se však maximální elektromotorická síla při určité teplotě t_2 ; vzrůstá-li pak tato temperatura (při nezměněné teplotě t_1) ještě více, umenšuje se elektromotorická síla, stává se pak nullou a konečně i změni dokonce znaménko, tak že vzniklý proud prochází opačným směrem.

Ze zákonů thermoelektrických nejdůležitější je zákon, vyjádřený symbolicky rovnicí:

$$(A, B) = (A, C) + C, B).$$

Zákon tento praví, že elektromotorická síla dvou kovů A a B rovná se součtu elektromotorických sil jiných dvojic kovových, na př. A, C a C, B , ale jen tehdy, když vřazený kov (zde C) udržuje se na sletovaných místech na stejné teplotě. Z toho plyne pro praksi důležitý poznatek, že elektromotorická síla nějakého thermoelektrického článku je stejná, ať jsou kovy dohromady spojeny přímo anebo sletovány pomocí nějakého jiného kovu (na př. železa nebo cínu).

Vnitřní odpor thermoelektrických článků je velmi malý, ale přes to proud vnějším proudovodem jediného článku procházející nenabývá hodnot značnějších, poněvadž elektromotorická síla jeho je celkem nepatrná. Tak na př. při temperaturním rozdílu 1° mezi 0° a 100° měří elektromotorická síla v mikrovoltech (t. j. millionách voltu) asi tyto hodnoty: při článku vizmut—antimon 100; konstantan (t. j. slitina 60% mědi a 40% niklu) —železo 53; patentní nikl (t. j. slitina 75% mědi a 25% niklu) —železo 45; konstantan—měď 40; nikl—železo 32; nové stříbro—železo 25; nikl—měď 22; platina—železo 17.

Chce-li se tedy přece dosíci silnějších proudů thermoelektrických, nutno podobně jako při obyčejných člancích galvanických místo jednoho článku užítí více článků, jež spojí se spolu v batterie a to zpravidla za sebou. Takové batterie slují též *thermosloup*y a upraví se tím způsobem, že volné konce nestejnojmenné jednotlivých thermoelektrických článků sletují se též k sobě po dvou dohromady a jen u krajních článků nechají se nespojené, aby se k nim mohl připojití vnější proudovod. Elektromotorická síla takovéto batterie složené z n článků, vznikající tím, že sletovaná místa na jedné straně se zahrívají a na druhé straně se udržují na nižší teplotě je n -krát větší, než elektromotorická síla jednoho článku, tak že při dostatečně velikém počtu těchto článků možno skutečně obdržeti proud dosti silný, kterého i v praxi se dá s výhodou použiti.

V novější době snad nejrozšířenější takovou batterieí je *thermosloup* Gülcherův, kterého se užívá hlavně pro nabíjení menších akumulátorů, není-li nějaký jiný zdroj elektriny po ruce. Tento *thermosloup* skládá se na př. celkem ze 66 článků za sebou spojených, z nichž každý

je tvořen niklem a antimonovou slitinou. Nikl upraven je tu ve tvaru trubičky, kterou zároveň již přitéká plyn, jenž na jejím konci se zapálí a článek zahřívá; na konci trubičky je totiž vhodným způsobem též přiletována zmíněná již slitina antimonová, která na druhém konci jest opatřena dosti velikými proužky měděnými, aby se zde — na místě nezahřívaném — udržovala temperatura co nejnižší. Thermosloup tento je tak konstruován, aby při obyčejném tlaku zahřívajícího plynu měl elektromotorickou sílu asi 4 *volt*; poněvadž pak vnitřní jeho odpor měří 0.65 *ohm*, je maximální možný proud (při krátkém spojení) přes 6 *ampère*. Lze tedy tímto thermosloupem všude tam, kde není k dispozici jiná energie elektrická, nabíjeti akumulátory pohodlně a též poměrně lacino, poněvadž plynu spotřebuje se tu pouze 170 *l* za hodinu.

U Gülcherova thermosloupu jsou všechny články rozloženy ve dvou dlouhých řadách blízko u sebe postavených tak, že zahřívaná místa jsou uprostřed, kdežto chladná místa po kraji; u jiných konstrukcí — na př. u sloupu Noe-Řebíčková — jsou články sestaveny radiálně do kruhu a zahřívají se všechny společně jedním plamenem uprostřed.

Jako zdrojů energie elektrické užívá se však thermosloupů přes všechna novější zdokonalení dosud ještě velmi málo, protože účinnost jejich je velice nepatrná; za to však značného rozšíření nabyly jako přístroje teploměrné, a to jednak pro měření nejjemnějších rozdílů tepelných (na př. pro důkaz záření tepelného), jednak pro měření temperatur jak vysokých, tak nízkých.

Pro zkoumání tepelného záření užívá se hojně thermosloupu Melloniho; jsou to tyčinky antimonové a vizmutové, jež střídavě k sobě se letují vedle sebe i pod sebou, tak že celek tvoří jakousi krychli,

jejíž jedna základna zaujímá všechna lichá místa sletovaná, druhá protější pak zase všechna sudá. Konce dvou krajních volných kovů jsou opatřeny svorkami, k nimž se připojí citlivý galvanometr. Uvedená krychle vloží se do kovové válcovité objímky, jež se na jedné straně uzavře kovovým víčkem a na druhé straně se opatří komolým dutým kuželem na venek se rozšiřujícím, jímž se sbírá co největší množství tepelných paprsků na jednu stěnu thermosloupu. Jakmile tedy před tento kužel postavíme nějaký teplý předmět — třeba na př. jen svou ruku —, vycházející tepelné paprsky dopadnou na thermoelementy, vzbudí v nich proud a ten se projeví úchylnou na galvanometru tím větší, čím teplejší byly paprsky dopadající; obrácenou úchylnou galvanometru projevilo by se ochlazení míst sletovaných.

Mezi nejcitlivější přístroje toho druhu patří thermoslop Rubensův, jenž se skládá ze 20 dvojic pouhých drátů železných a konstantanových; dráty skládající jeden článek jsou sletovány k sobě tak, že tvoří jaksi delší drát jediný, všechny pak články po sletování tvoří klikatou čáru a jsou na koncích připojeny k rámečku ze slonové kosti, tak že lichá sletovaná místa jsou rozložena v přímce uprostřed tohoto rámečku. Tepelné paprsky svádějí se pak toliko na tato místa opět pomocí dutého plochého kužele. Citlivost popsaných thermosloupů stoupne ještě velmi značně, když se uzavrou do skleněné nádoby, z níž je vzduch skoro úplně vyčerpán (asi na 0·001 mm tlaku).

Thermosloupem lze však teplotu též přímo změřiti ve stupních, čehož se užívá blavně pro teploty příliš vysoké a příliš nízké, při nichž obyčejných teploměrů se nedá upotřebiti. Pro měření vysokých teplot (na př. v peci, v plamenu a pod.) užívá se pří-

strojů, zvaných *pyrometry*, jež mohou býti různé konstrukce; tak na př. známe pyrometry vzduchové, optické a elektrické. Z elektrických pyrometrů nejznámější je pyrometr Le Chatelierův, jednoduchý thermo-elektrický článek, složený ze dvou $1\frac{1}{2}$ m dlouhých drátů; jeden drát je z čisté platiny, druhý pak ze slitiny 90⁰/₀ platiny a 10⁰/₀ rhodia. Dráty tyto jsou od sebe izolovány nepolévanými hliněnými trubičkami a celek je vložen do porcelánového ohnivzdorného obalu, jímž na jednom konci procházejí oba dráty ke svorkám, ke kterým se připojí citlivý galvanometr. Tímto pyrometrem měří se teplota až asi do 1600⁰ C a to tak, že se jedním koncem (sletovaným) vloží do místa, jehož teplotu chceme znáti; tento konec se zahřeje, kdežto druhý, $1\frac{1}{2}$ m od tohoto vzdálený, zůstane na teplotě dosti nízké a tak tedy vzniklým rozdílem temperaturním povstane proud, jenž vychýlí magnetku na galvanometru a z této výchylky můžeme teplotu snadno vypočísti. Obvykle však bývá galvanometr předem již graduován, tak že místo odchylky čteme přímo již teplotu ve stupních. Při graduování pak galvanometru vkládá se pyrometr do roztavených kovů, jichž teplotu přesně známe; k tomu volí se obvykle kadmium (321⁰), zinek (419⁰), stříbro (960⁰), zlato (1064⁰), měď (1084⁰) a palladium (1540⁰).

Pro měření nízkých temperatur užívá se buď teploměrů vodíkových a heliových, z kapalinových teploměrů pak líhových, toluolových a pentanových. Jinak však lze s prospěchem zejména pro nejnižší teploty užití thermo-elektrických článků, a to buď konstantan—železo nebo konstantan—měď. Graduování galvanometru provádí se tu pomocí známých nízkých temperatur vroucích plynů, jako na př. kysličníku uhličitého (— 78·2 C⁰), kyslíku (— 182·8⁰), dusíku (— 195·7⁰) a vodíku (— 252·6⁰).

XI. Chemické účinky proudu elektrického.

Než přejdu k výkladu praktického upotřebení proudu elektrického v chemii, dlužno aspoň stručně se zmíniti o theorii elektrolysy, chemického rozkladu pomocí proudu elektrického.

Zakladatelem moderní elektrochemie stal se anglický badatel Faraday, jenž kolem r. 1833 objevil též známé zákony, nazvané po něm zákony Faradayovými. Od něho pocházejí též názvy až po naši dobu užívané; látka, jež se rozkládá, sluje *elektrolyt*, desky, jimiž zavádí se proud do elektrolytu, zovou se *elektrodami*, a to deska s kladným pólem zdroje spojená *anodou*, deska pak se záporným pólem spojená *kathodou*. Elektrolyt rozkládá se v části zvané *ionty*, a to jednak v *anionty* (na anodě se usazující), jednak v *kationty* (na kathodě se usazující).

První zákon uvedený již v I. díle udává, v jakém vztahu je rozložené množství nějaké látky k intensitě proudu. Vztah ten je velice jednoduchý:

$$M = a i t,$$

neboť množství vyloučené látky M jest úměrno množství prošlé elektřiny, t. j. intensitě proudu i a času t , po který proud prochází. Konstantou úměrnosti jest a , t. j. ono množství látky, jež se vyloučí proudem o intensitě

1 ampère (0·1 absolutní jednotky) za 1 vteřinu a nazývá se *elektrochemickým aequivalemtem*.

V I. díle již jsem uvedl, že chemický rozklad nastává tehdy, prochází-li proud vodiči druhé třídy, které právě proto zovou se elektrolyty. I jest otázka, jak si máme tento rozklad vysvětliti, jakou úlohu máme zde přiděliti proudu, zejména jak máme si vyložit, že kovy z roztoku různých solí vylučují se vždy na katodě, že toto vylučování děje se jen na elektrodách a ne uprostřed kapaliny a pod. Za tím účelem bylo vymyšleno hojně hypotheses a teorií, v nové době však zatlačila všechny theorie Clausius-Arrheniova, jež nyní obecně je přijata.

Původně se předpokládalo, že elektrický proud sám rozkládá elektrolyty, ale teprve r. 1857 Clausius správně poukázal k tomu, že by pak bylo k rozkladu různých látek třeba různých sil elektromotorických podle větší nebo menší slučivosti součástí, což však se neshoduje se skutečností, poněvadž i zcela nepatrná elektromotorická síla vyvolává rozklad v každém elektrolytu. Vyslovil tedy domněnku, že již v roztoku každého elektrolytu část jeho molekulí je rozštěpena v ionty, je *dissociována*. Tím byl dán základ k novému názoru na elektrolysu, na němž stavěno bylo dále, až konečně dospělo se k moderní elektrolytické dissociální theorii, jejímž zbudovatelem je slavný švédský fysik Arrhenius.

Princip jeho theorie (z r. 1888) lze vyjádřiti asi takto: V každém roztoku jakéhokoliv elektrolytu je část jeho molekulí dissociována. Stupeň dissociace, t. j. poměr počtu molekulí dissociovaných k úhrnnému počtu molekulí v roztoku závisí nepřímou na koncentraci roztoku. Při zmenšování koncentrace totiž stoupá, až konečně při určité velmi slabé koncentraci, která ovšem pro všechny

elektrolyty není stejná, je dissociace úplná, t. j. všechny molekule v roztoku jsou dissociovány, rozštěpeny v ionty.

Faradayovy ionty znamenaly pouze ony hmotné částice elektrolytu, jež se usazovaly na anodě a katodě; v nové theorii mají však význam jiný, jsou to hmotné částice (atomy nebo skupiny atomů) opatřené elektrickými náboji. Náboj může být dvojitý, kladný nebo záporný, a podle toho máme také dvojce ionty: kationty, jsou-li atomy opatřeny nábojem kladným, a anionty, jsou-li opatřeny nábojem záporným. Můžeme si tedy každý takový ion představit jako hmotu samostatně existující, složenou z atomu hmotného a z atomu elektriny, kterýžto atom sluje *elektron*. Tak na př. rozpustíme-li ve vodě chlorid sodnatý (sůl kuchyňskou, *Na Cl*), dissociuje v kation *Na* a v anion *Cl*. Abychom rozeznali atom od iontu, označujeme kladný ion nahoře tečkou a záporný čárkou. Kdyby se rozštěpil chlorid sodnatý v obyčejné atomy a ne v ionty, musil by atom sodíku *Na* rozkládati vodu, ale nic takového se zde neděje, jsou tedy v roztoku skutečně ionty, mezi nimiž nepůsobí žádné jiné vzájemné síly než elektrické. Poněvadž pak v roztoku je stejný počet iontů kladných jako záporných, poutají se vzájemně jejich elektrické náboje a celek jeví se neelektrickým.

Jakmile však se vyskytne sebe menší potenciální difference na elektrodách, nastane přechod iontů opačnými směry proti sobě k elektrodám, čímž právě existence proudu je podmíněna. Uprostřed kapaliny nebude při tom viděti ničeho zvláštního, ale za to na elektrodách ano. Ionty totiž, když dojdou až k nim, odevzdají tam elektrický náboj, tak že se promění v obyčejné atomy a jeví pak obvyklé chemické účinky; tak na př. ion sodíkový po odevzdání náboje rozkládá vodu atd.

Patrně tedy, že energie proudová nespotřebuje se k rozkladu elektrolytu, nýbrž k rozdělení iontů, t. j. k oddělení elementárního kvanta elektrického, elektronu; onen rozklad (dissociace) provedl se již při rozpouštění.

Než přejdu k dalšímu, nutno stručně aspoň vyložití základní pojmy chemické. Podle Avogadra soudíme, že každou látku lze *mechanicky* dělití k nejmenším částicím, jež zoveme *molekule*. Tyto molekule právě tak jako látku, z níž vznikly, možno pak ještě dále dělití chemicky a tak dojdeme k *atomům*, což jsou tedy prapernatné částice látek, které se nedají již ani mechanicky ani chemicky rozložití. Chemickým rozkladem se poznalo, že všechny hmoty vůbec jsou složeny z nevelikého počtu látek základních, které zoveme prvky a jichž je celkem asi 78. Prvky ty jsou v jednotlivých sloučeninách v určitém poměru váhovém i lze tedy kterýkoliv z nich voliti za základní a určití váhu ostatních vzhledem k němu. V nynější době volíme za základní látku kyslík *O*, jemuž přiřkládáme měrné číslo 16, a podle toho vypočítáme i všechna ostatní čísla poměrná, jež zoveme též *vahou atomovou*.

Atomům různých prvků připisujeme různé *mocenství* čili *valenci* podle toho, zda se spojují s 1 nebo více atomy vodíku anebo zda zastupují 1 či více atomů vodíku *H*, po případě chloru *Cl*. Avšak nejen prvky, nýbrž i skupiny jednotlivých atomů v různých sloučeninách mají také různé mocenství; tak na př. skupina *NO₃* je jednomocná, jelikož v kyselině dusičné *HNO₃* je spojena s 1 atomem vodíka; naproti tomu skupina *SO₄* je dvojmocná (kyselina sírová *H₂SO₄*) atd.

Molekulární váha nějaké látky je dána součtem atomových vah všech jednotlivých atomů, jež jsou v molekuli obsaženy; *grammolekulí* sluje pak takový počet

gramů této látky, který se rovná molekulární váze. Tak na př. grammolekule vodíku H_2 jest 2·016 g, kyslíku O_2 32 g, stříbra Ag 107·9 g, kyseliny sírové H_2SO_4 98·1 g, salmiaku NH_4Cl 53·5 g atd.

Aequivalentní vahou (též *chemickým aequivalentem*) nazýváme poměrné množství nějakého prvku anebo skupiny prvkové spojující se s jedním atomem vodíku. U prvků anebo skupin jednomocných je tedy aequivalent chemický roven atomové váze prvku, resp. součtu atomových vah; při prvcích anebo skupinách vícemocných dlužno ještě čísla předešlým způsobem vzniklá dělití mocenstvím. Tak na př. aequivalent jednomocného amonia NH_4 jest 18·1, jednomocného hydroxylu OH 17·01, dvojmocné skupiny SO_4 48·03 atd. Podobně lze najíti aequivalentní váhu celých chemických sloučenin; rozpadají-li se v jednomocné ionty, jest aequivalent roven molekulární váze, rozpadají-li se však v ionty vícemocné, nutno molekulární váhu dělití mocenstvím. Je tedy aequivalent kuchyňské soli ($NaCl$), která se rozpadá v jednomocné ionty Na^+ a Cl^- , 58·5, aequivalent kyseliny sírové H_2SO_4 (rozpadá se ve dvojmocné ionty H_2^{++} a SO_4^{--}) 49·04 atd. Znamenají-li čísla, v tomto posledním odstavci uvedená, počet gramů, obdržíme *grammaequivalent* dané látky. Je tedy *grammaequivalent* kyslíku O 8 g, stříbra Ag 107·9 g, skalice modré $CuSO_4$ 79·83 g atd.

Každý ion nese s sebou elektrický náboj i jest otázka, jak veliký je tento náboj. V I. díle jakožto výsledek četných pokusů byl definován 1 *ampère* jako intensita stálého proudu, jenž v 1 vteřině vyloučí 1·118 mg stříbra; tuto definici lze též obrátiti a lze říci, že 1·118 mg iontů stříbra nese s sebou vždy za vteřinu 1 *coulomb* elektriny. Z toho možno také snadno sta-

noviti, jak veliké množství elektřiny je vázáno na 1 gramaequivalent iontů stříbrných, t. j. na 107.9 g stříbra. Jednoduchou úměrou se vypočte, že množství ono jest 96540 coulomb a označuje se na paměť Faradayovu počáteční písmenou jeho jména F ; leckdy nazývá se též elektrochemickou jednotkou elektrického množství.

Četnými pokusy se však shledalo, že elektrické množství F není vázáno pouze na gramaequivalent stříbra, nýbrž na každý gramaequivalent libovolného iontu, a to množství buď kladné nebo záporné podle toho, zda zkoumaná látka jest anion či kation. Dělíme-li tedy gramaequivalent kterékoliv látky číslem F , obdržíme ihned elektrochemický equivalent této látky. Z toho také plyne, že množství různých iontů vyloučených týmž proudem ve stejné době mají se k sobě v přímém poměru chemických equivalentů, což je *druhý zákon Faradayův*.

Oba dva zákony byly verifikovány četnými pokusy i ukázalo se, že platí obecně, ať elektrolyt je rozpuštěn nebo roztaven nebo dokonce i pevný (jako na př. tyčinka žhoucí v lampě Nernstově). Při rozpuštěných elektrolytech záleží ovšem částečně aspoň též na látce rozpouštějící čili na rozpustidle, poněvadž tím mění se velmi značně jejich vodivost, která je závislá na látce rozpuštěné, na koncentraci, teplotě a na rozpustidle. Různá rozpustidla jeví totiž velmi různou schopnost disociační; největší tuto schopnost má voda a proto také v elektrochemii většinou se pracuje jen s roztoky vodnými.

Při elektrolyse vyskytují se velmi často ještě zjevy sekundární, čistě chemického rázu, jež podle Ostwalda lze rozdělit v 5 druhů: 1. ionty slučují se v molekule polymerické (o více atomech); na př. $2H = H_2$; 2. ionty se rozkládají (zejména při elektrolyse organických solí);

3. působí na rozpustidlo (při rozkladu Glaubérový soli Na_2SO_4 vyloučí se na katbodě $2Na_2$ a na anodě $2SO_4$; oba ionty sloučí se s vodou i vznikne $4NaOH + 2H_2$ a $2H_2SO_4 + O_2$); 4. ionty působí na elektrolyt, tak že buď anion nebo kation se s ním spojuje, anebo 5. ionty působí na elektrody (nejjednodušší případ, když z kyseliny sírové ion SO_4 spojí se se zinkem na $ZnSO_4$). O těchto sekundárních účincích promluveno bylo také již v I. díle v kapitole o akumulátorech, kde poukázáno bylo na jejich praktický význam.

Do dalších theoretických výkladů není možno se zde pouštět, uvedené dva zákony postačí nám úplně k výpočtu množství vyloučených látek a pod., jen když známe nutná data chemická, i můžeme se obrátiti k praktickému využití chemických účinků proudu.

Sem v první řadě patří *galvanické články*, u nichž pro spojení obou pólů vnějším proudovodem vzniká uvnitř v kapalině rozklad, který se řídí úplně zákony Faradayovými, tak že se dá z toho i elektromotorická síla příslušného článku vypočísti. Nejjednodušší je článek Voltův, skládající se ze zinku, a mědi ponořených do kyseliny sírové. Elektromotorická síla tohoto článku není však stálá, nýbrž se umenšuje, poněvadž se elektrody polarisují. Polarizaci této částečně se zabránuje vhodnou kapalinou (na př. u článku Grenetova, jehož elektrody — zinek a uhlí — jsou ponořeny do roztoku dvojchromanu draselnatého ve zředěné kyselině sírové) anebo nejlépe tím, že se každá elektroda vloží do vlastní kapaliny. Za příklad toho uvádím článek Daniellův, v němž do průlinčité nádoby do roztoku skalice modré je zapuštěna elektroda měděná, a celek pak je vložen do skleněné nádoby se zředěnou kyselinou sírovou, do níž je ponořen zinek. O jiných článcích galvanických

vykládati zde nebudu, rovněž tak ne o praktickém použití polarisovaných elektrod, jelikož o tom bylo promluveno v I. díle v kapitole o akumulátorech.

Dále budiž uvedeno pokrývání různých předmětů kovy zpravidla vzácnějšími, což objevil *Jacobi* již r. 1837. Povlak kovový může buď pevně lnouti k předmětu (*galvanostegie*) anebo lze jej odloupnouti, čímž dostaneme negativní otisk předmětu (*galvanoplastika*). Principiálního rozdílu mezi těmito oběma methodami není, neboť obě se zakládají na vyloučení kovů z rozpuštěných elektrolytů; mějme na př. roztok skalice modré $CuSO_4$, do něhož je zaváděn proud platinovými elektrodami. Pak měď Cu usazuje se na katodě a k anodě přechází SO_4 , jež slučuje se s vodou na kyselinu sírovou H_2SO_4 a volný kyslík, který v podobě bublinek uniká po platinové elektrodě vzhůru. Patrně tedy, že lze kovy vylučovati z roztoků příslušných solí zcela snadno, ale úprava právě popsaná nebyla by nejvhodnější, jelikož elektrolyt by se při ní měnil, přibíraje stále kyselinu sírovou. Tomu však lze odpomoci tím, že se za anodu volí deska měděná, tak že k anodě přicházející skupina atomů SO_4 spojuje se s ní na $CuSO_4$, čímž se podstata roztoku nemění, ale anody ovšem tímto způsobem ubývá.

To, co jsem pravil o mědi, platí obecně, tak že vždy za elektrolyt volíme roztok nějaké soli onoho kovu, jímž chceme předmět pokrýti, za anodu desku z téhož kovu a za katodu daný předmět.

Má-li se nějaký předmět pokrýti vrstvou jakéhokoliv kovu, je nutno nejprve jej důkladně očistiti a zejména zbaviti všech tuků, což se děje ponořením do roztoku louhu sodnatého a řádným mytím; tato práce musí se provésti co nejsvědomitěji, neboť na ní v prvé

radě záleží, má-li vrstva kovová pevně přilnouti k předmětu. Jedná-li se o galvanický odlitek, také nejprve předmět dobře vyčistíme, načež jej potřeme slabě po celém povrchu mastnotou, aby se vyloučený kov (při odlitcích galvanických nejčastěji měď) snadno mohl odloupnouti. Tím ovšem dostali bychom jen otisk negativní, z něhož teprv další podobnou manipulací bylo by možno obdržeti otisk pozitivní. Aby se uspořila tato dvojí práce, hotoví se první negativní odlitek zpravidla ze stearinu nebo vosku nebo sádry a pod. a tento odlitek pokryje se vrstvou práškovité tuhy, aby byl učiněn vodivým, a vloží se jako kathoda do roztoku nějaké soli, obyejně měďnaté ($CuSO_4$), při čemž anodou rovněž je deska měděná. Zavedeme-li pak proud, tak že se ionty měděné vylučují na kathodě, obdržíme otisk, jenž jest shodný s povrchem daného předmětu a jež snadno od matrice (prvotního otisku) můžeme odloupnouti.

Odlitky galvanické může si pohodlně zhotoviti každý sám (nebo po případě může si předměty poměditi), i když nemá k dispozici samostatný zdroj elektřiny. Potřebuje prostě do větší skleněné nádoby vložiti průlinčitou nádobu z nepolévané hlíny (diafragma), do kteréž se nalije zředěná kyselina sírová a vloží zinková elektroda, stočená do válce; do skleněné nádoby nalije se pak koncentrovaný roztok modré skalice, k němuž přidáme ještě dostatečné množství nerozpuštěných krystalů těžé soli, aby skalice proudem rozložená stále se nahrazovala a aby roztok zůstával nasycen. Na zinkový válec položíme křížem přes sebe hezky silné měděné dráty, na které zavěšujeme předměty, jichž odlitky máme zhotoviti, tak, aby ponořeny byly ve skalici modré. Tím obdržíme vlastně galvanický článok, podobný článku Daniellovu, jehož jednou elektrodou je zinek ponořený

v kyselině sírové a druhou nějaký kovový předmět ponořený do skalice modré. Proudovod tohoto článku uzavírají silné měděné dráty, spojující zinek s oněmi kovovými předměty. Jelikož proud uvnitř článku jde vždy od zinku k druhé elektrodě, je tato elektroda (zde kovové předměty) kathodou a tedy se na ní vylučuje měď.

Při galvanoplastice užívá se většinou jako elektrolytu skalice modré, při galvanostegii však velmi různých elektrolytů podle toho, jakým kovem chceme daný předmět pokrýt. Nejčastěji se předměty poměďují, niklují, stříbří nebo pozlacují; poměďování provádí se často též proto, aby vrstva měděná byla podkladem pro další vrstvu kovu vzácnějšího, jako na př. když chceme postříbřit železo, poniklovati zinek a pod. Uvedu zde některé předpisy na nejjednodušší lázně galvanické.

Pro *poměďování* byl by nejjednodušší lázní kyselý roztok skalice modré, poněvadž se však nehodí pro všechny kovy (zejména ne pro zinek a pro železo), volí se lázeň tohoto složení: na 1 l vody rozpustí se 10 g sody, 20 g bezvodého síranu sodnatého, 20 g kyselého siřičitanu sodnatého, 30 g kyanidu měďnato draselnatého a tolik kyanidu draselnatého, aby lázeň byla bezbarvá. Vhodná intensita proudová měří 0·3 ampère na 1 dm² poměďovaného předmětu, kdežto pro lázeň ze skalice modré možno užiti až 3 ampère na 1 dm².

Při *niklování* берeme na 1 l vody 75 g síranu nikelnatoammonatého a na každý dm² daného předmětu počítáme asi 0·3 ampère.

Pro *stříbření* rozpustíme v 1 l vody 12 g čistého kyanidu draselnatého a přidáme k tomu 46 g kyanidu stříbrnodraselnatého; na 1 dm² doporučí se intensita proudová 0·5 ampère.

Pro *zlacení* doporučuje se lázeň složená z 1 l vody, 1 g kyanidu draselnatého, 50 g fosforečnanu sod-

natého, 15 g siřičitanu sodnatého a 1·5 g chloridu zlatitého; lázeň tato musí býti teplá asi 50° C a vyžaduje na 1 dm^2 zlaceného předmětu asi 0·2 *ampère*.

Řekl jsem, že již zcela nepatrná elektromotorická síla rozkládá elektrolyty, chceme-li však, aby rozklad ten byl trvalý a aby ionty se usazovaly stále na elektrodách, musíme voliti elektromotorickou sílu vždy větší, než jest elektromotorická síla elektrod polarisovaných. Již v I. díle při akumulátorech bylo vyloženo, že proti elektromotorické síle nabíjecího proudu je namířena elektromotorická síla proudu sekundárního, vzniklého polarisací elektrod, o kterýžto proud se tu právě jedná, poněvadž ho lze s výhodou použiti; při galvanoplastice však této protielektromotorické síly nelze upotřebiti k ničemu, naopak je jen na závalu, jelikož podmiňuje určitý minimální rozdíl potenciální na svorkách, který při každé lázni pro normální vzdálenost elektrod (15 *cm*) zpravidla bývá udán.

Práce galvanoplastické lze prováděti každým zdrojem stejnosměrného elektrického proudu; v nové době však zejména ve větších továrnách užívá se nejraději strojů dynamoelektrických a to derivačních z důvodů, jež byly vyloženy již při akumulátorech. Zdálo by se, že pro galvanoplastické účely může se užiti dynam o jakékoliv elektromotorické síle, jelikož rheostatem lze upravití rozdíl potenciální na svorkách galvanoplastické lázně na libovolnou hodnotu (třebas až na 3—6 *volt*, jak je tu třeba), ale není tomu tak. Jednáť se nám vždy o to, aby při každé práci, kterou provádíme, vynaložila se jen energie skutečně potřebná a aby se energií neplýtvало; užijeme-li však dynam o veliké elektromotorické síle, kterou musíme pomocí rheostatu zmenšiti, mění se značná část energie v teplo, což značí ztrátu užitečné

energie a tedy zbytečný výdaj. Je tudíž při všech pracích elektrochemických základním pravidlem užívati proudů o malé elektromotorické síle, ale o velké intensitě. Za tím účelem musí tedy dynama býti tak konstruována, aby jejich vnitřní odpor (odpor armatury) byl co nejmenší, tak aby i při jejich malé elektromotorické síle bylo možno odbírat z nich proudy o značné intensitě (na př. při elektromotorické síle třeba jen 8 *volt* proud o intensitě 1000 *ampère* i více).

Nejdelší dobu užívá se v technické praxi elektrolýsy k dobývání čistých kovů, k *elektrometallurgii*, a tu na prvním místě uvedeno budiž dobývání *mědi*. Měď dobývá se v hutnictví z rud měděných, ale ani nejlepšími methodami se nepodařilo nabýti takto mědi úplně čisté, nýbrž vždy je to měď sloučená s řadou jiných ještě kovů, zejména stříbra, platiny, niklu, olova, arsenu atd. Tyto kovy lze však také ještě odstraniti elektrochemickou raffinací (čištěním), které užito bylo prvně r. 1865 a jež od té doby byla ještě značně zdokonalena. Při této raffinaci volí se za anodu deska z mědi v hutích vyrobené, mající aspoň 96% čisté mědi a za katodu tenký stejně veliký plech z čisté mědi, který se potře mastnotou, aby se vyloučená měď dala odloupnouti; elektrolytem je kyselý roztok skalice modré. Potřebné napětí proudu je velice malé, pouze asi 0·1—0·3 *volt*, poněvadž protielektromotorická síla polarisační při elektrodách téměř stejných je velmi nepatrná; za to intensita proudu volí se velmi značná, 50 až 100 *ampère* na plochu 1 *m*² elektrody. Při této úpravě vylučuje se na katodě úplně čistá měď, jež se nazývá *mědí elektrolytickou*, ostatní pak kovy dostávají se do kalu, odkudž aspoň drahé kovy dají se ještě získati. Elektrolytické mědi užívá se v nové době stále více zejména pro účely

elektrotechnické, poněvadž čistá měď vyniká značnou vodivostí.

Zajímavou obměnou uvedené metody je proces Elmoreův. Při něm kathodou je železný válec, jenž stále se otáčí kolem své osy v elektrolytické měděné lázni; při průchodu proudu usazuje se tedy na něm měď, která achatovým kamenem sem a tam se polybujícím řádně se stlačuje a hladí, tak že obdržíme tímto způsobem měděný povlak, jenž se dá snadno se železného válce odstraniti. Tím obdržíme měděné trubice z jediného spojitého kusu beze švů zhotovené, jež vynikají neobyčejnou pevností a jichž se proto v praxi hojně užívá k různým účelům.

O methodách, jimiž lze dobývati měď elektrolyticky přímo z rud, netřeba se tu zmiňovati, jelikož jsou většinou málo oekonomické a proto se ani neudržely v praxi.

Jako měď dají se čistiti (raffinovati) i některé jiné kovy, na př. stříbro, zlato, olovo a zinek.

Příkladem kovu, jež přímo z rud lze dobýti, budiž nám *zlato*. Nejlépe se osvědčuje methoda Siemens-Halskeova, užívaná v Transválu, podle níž se nejprve vyluhují rudy zlatonosné i jejich zbytky zředěným roztokem kyanidu draselnatého. Tím se zlato rozpustí a vzniklý roztok nalije se do kádí elektrolytických, v nichž anodou jsou desky železné a kathodou desky olověné. Elektrickým proudem vyloučí se zlato na olověných deskách, jež po delší době (asi po měsíci) vyjmou se z lázně, aby se s ním mohlo zlato sebrati. To se provádí tak, že se desky roztaví a pak se na ně vhání proud vzduchu, jímž se olovo okyslíčí v kysličník olovnatý, kdežto zlato nezměněné klesá ke dnu, odkudž se snadno vybere. Poněvadž však zlato takto získané není

přece ještě docela čisté, raffinuje se ještě znovu elektrolytickou cestou.

Proudem elektrickým lze však rozkládati i elektrolyty roztavené a je zajímavé, že právě na takovýchto elektrolytech objevil Faraday zákony elektrolysy. Avšak rozklad roztavených solí byl znám již před Faradayem, čehož nejlepším dokladem jsou práce Davyho z r. 1807, jimiž objeveny byly nové prvky, sodík *Na* a draslík *K*, elektrolysou roztaveného hydrátu sodnatého, resp. draselnatého. Později ještě celá řada jiných prvků byla vyloučena elektrickým proudem z roztavených solí, ale nyní užívá se této metody v praxi pouze u tří kovů: natria, magnesia a alumina.

Natrium (sodík) dobývá se z hydrátu sodnatého (*NaOH*), jenž se roztaví plynovým plamenem, načež se do něho zavede proud železnými elektrodami. Tu vylučuje se natrium na katodě a jsouc lehčí než elektrolyt vypluje na jeho povrch a odtud se sbírá děrovanými lžicemi.

Nejdůležitější však z těchto method je methoda na dobývání *hliníku* (alumina), kterou se ho nyní dobývá tak veliké množství, že jeho cena klesla z 240 K asi na 2 K za 1 kg. Ovšem tak malá cena je možná jen proto, že energie elektrická užitá k výrobě je velmi laciná; největší množství hliníku vyrábí se totiž v sev. Americe, kde s úspěchem je využito energie vodopádů niagarských k pohonu dynam, a ve Švýcarsku v Neuhauseu, kde rovněž lacinou energii pohybovou skýtá rýnský vodopád. Methoda pro výrobu alumina liší se podstatně od metody předešlé tím, že proud elektrický zde sám také roztavuje potřebnou surovinu, tak že není třeba zahřívati zvenčí. Užívá se tu v podstatě elektrické peci Héroultovy, která se skládá ze železné skříně, jež je vyzděna tuhovými cihlami a spojena se zápor-

ným pólem elektrického zdroje; pec uzavřena je šamotovým příklopem, jímž prochází řada železných tyčí, spojených s kladným pólem zdroje. Do peci nasype se surovina (bauxit, t. j. hydroxyd aluminiový, a kryolith t. j. fluorid hlinitosodnatý s přísadou kazivce, aby se směs snáze roztavila), načež se desky uhelné sníží tak hluboko, aby se mezi elektrodami vytvořil světelný oblouk, jímž se surovina roztaví. Jakmile je roztavena, tyče uhelné vyzdvihnou se do výše, tak že světelný oblouk zanikne a nastane rozklad, jenž se ovšem musí prováděti dostatečně silným proudem, aby se hmota udržela v tekutém stavu. Vyloučený hliník klesá ke dnu a občas se vypouští do připravených železných vozíků, vyložených pálenou magnesií. Při tomto procesu potřebuje se napětí pouze 5 až 8 *volt*, ale značná intensita proudová až 12.000 *ampère*.

Aluminium pro mnohé své vlastnosti a zejména pro svou malou specifickou hmotu nabývá stále většího rozšíření, a to nejen samotné, nýbrž i ve slitinách, z nichž zejména důležitá je na př. slitina s mědí a zinkem (bronz aluminiová), se železem (ferroaluminium) a s magnesiem (magnalium).

Magnesium vyrábí se z roztaveného chloridu hořečnatého methodou úplně podobnou jako aluminium.

Při této methodě je tedy užito proudu elektrického dvojím způsobem, a to jednak k elektrolyse, jednak dříve ještě k roztavení suroviny účinkem ohromného žáru světelného oblouku. Pro výrobu mnohých kovů lze se však obejít bez elektrolysy a lze užiti jen vysoké teploty, vzniklé elektrickým proudem, čili účinků *elektrothermických*, k čemuž slouží elektrické peci tavicí, Tyto peci jsou hlavně trojího druhu: peci obloukové, založené na světelném oblouku Davyho, peci odporové,

založené na Jouleově teple vzniklém průchodem proudu vodičem většího odporu, a peci *i n d u k c n í*.

K pecím obloukovým patří zmíněná již pec Héroultova, nejznámější však je pec, kterou konstruoval slavný francouzský chemik Moissan; pec tato v podstatě je pravoúhlý rovnoběžnostěn šamotový složený ze tří částí, z nichž hořejší tvoří příklop, střední pak vlastní pec. Tato střední část má totiž v sobě dutinu, do níž se vkládá v uhelném kelímku surovina, z níž nějakého kovu chceme dobýt. Dovnitř pak dutiny vedou se stran dvě silné uhelné tyče spojené s různými póly elektrického zdroje, mezi nimiž se vytvoří světelný oblouk. Vzniklým žářem roztaví se surovina a kov klesá ke dnu kelímku, odkudž lze jej odstraniti, když tavení je skončeno. Moissan pracoval při svých pokusech s ohromnou energií elektrickou; užíval totiž proudů o napětí 110 volt a intenzitě až 1000 ampère, což odpovídá efektu proudovému 110 kilowatt čili asi 150 HP.

Při původních Moissanových pecích mohlo se pracovati jen s omezeným množstvím suroviny, jež vždy najednou se vložila do kelímku, nyní však jsou elektrické peci upraveny tak, aby mezi prací bylo možno surovinu přidávati a zároveň spodem z uhelného kelímku roztavený kov vypouštět. Takovýmto způsobem se podařilo získati ve velkém množství řadu kovů, které do té doby jen velmi nesnadno a v množství jen nepatrném daly se se dobývati (na př. chróm, mangan, wolfram a j.), což má veliký význam zejména pro různé slitiny železa a pod. Jako zvláštnost budiž uvedeno, že v elektrických pecích Moissanových vyrobeny byly též první umělé drabokamy, zejména diamanty a rubíny.

Druhého druhu jsou *peci odporové*, kde proud přivádí se ke dvěma svorkám, mezi nimiž je vložena hmota

o značném odporu. Takovou pecí je na př. pec Girordova, která v nejjednodušší úpravě se skládá z jediného kelímku, do něhož se vloží hmota k tavení určená; kelímek tento jest obklopen silnou vrstvou tuhy, tak že celek má tvar sudu. Tuha kolem kelímku bývá obvykle složena z několika (na př. 4) částí od sebe oddělených, podobně jako sud se skládá z jednotlivých dužin. Jeden pól zdroje spojí se se 4 svorkami na hořejším konci tuhového obalu, druhý pól se 4 svorkami na dolejší konci, tak že proud musí procházeti značným odporem tuhovým; tím pak získá se značné teplo, jež postačí k roztavení suroviny v kelímku.

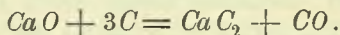
Nejzajímavější však jsou *peci indukční*, na př. pec Kjellinova, kterých se užívá nejvíce pro výrobu oceli. Pec Kjellinova představuje vlastně transformátor, jehož primární cívka je navinuta na jednu stranu čtvercového železného jádra. Sekundární cívka, jež obklopuje onu primární, je tvořena jediným závitem, totiž kruhovým žlabem, v němž jest obsažen kov, který se má rozpustiti. Při pecích ve Švédsku užívaných vpouští se do primárního vinutí střídavý proud o napětí 3000 volt a intensitě 90 ampère, který se v jediném závitu sekundárního vedení transformuje na proud o intensitě 3000 ampère, tak že kov skutečně se roztaví v době velice krátké. Peci Kjellinovy hotoví se v rozměrech velmi značných, neboť žlab může pojmuti asi 1900 kg železa, z něhož obvykle po 6 hodinách lze vypustiti asi 1000 kg oceli.

Veliká přednost takovýchto indukčních pecí, jež nabývají stále většího rozšíření, je v tom, že tavený kov zůstává úplně čistý, nepřicházejí ve styk ani s uhly, jimiž světelný oblouk se zavádí, ani s nějakou jinou látkou; nevýhodou však je, že značná část energie elek-

trické zůstává zde nezužitkována, neboť ani ne plných 50⁰/₀ energie proudu primárního slouží k roztavení kovu v proudovodu sekundárním; možno tedy s výhodou pracovati s těmito pecemi jen tam, kde jest energie elektrická laciná, což je v sev. Americe a zejména ve Švédsku, kde energie vodních toků je využito tou měrou, jako snad nikde jinde.

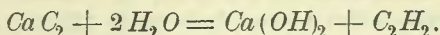
Elektrickým proudem lze však nejenom dobývati čistých kovů anebo jiných prvků (jako na př. fosforu), nýbrž lze vyráběti též různé sloučeniny, z nichž na prvním místě uvedeny buďtež *karbidy*. Již na konci let osmdesátých se poznalo na základě pokusů Moissanových, že při vysokých teplotách, jaké vznikají v elektrické peci, uhlík slučuje se velmi snadno s přemnohými kovy v nové samostatné látky, jež nazvány byly karbidy. Tak vyrobeny byly karbidy vápenaté, křemičité, lithnaté, barnaté, uranaté, manganaté atd., z nichž v praxi se rozšířil a proto ve velikém množství se vyrábí pouze karbid vápenatý a křemičitý.

Karbid vápenatý $Ca C_2$ (obyčejně zvaný prostě karbidem) vyrábí se tavením páleného vápna a koksu v elektrických pecích. Těchto pecí je velice mnoho soustav; nejrozšířenější z nich je pec *Simens-Halskeova*, která je zajímavou obměnou zmíněné již peci *Héroultovy*. Elektrodou kladnou jsou opět uhelné desky, ale zápornou elektrodou je železný vozík, jenž se naplní zvláště připravenou směsí vápna a uhlíku a zasune se po kolejkách do klenuté peci přímo pod uhelné desky; tyto desky se sníží, až se dotknou druhé elektrody (vozíku) a pak se hned poněkud vyzdvihnou, aby se vytvořil světelný oblouk elektrický, jímž celá hmota se roztaví, při čemž se vytvoří karbid vápenatý a kysličník uhelnatý podle rovnice:



Kysličník uhelnatý uniká z roztavené směsi a spaluje se na kysličník uhličitý, tak že z peci vyšlehují často mohutné plameny, jichž zánik je známkou toho, že proces jest u konce, tak že lze proud přerušiti a vozík vytáhnouti. Podmínkou zdatu při výrobě karbidu vápenatého je dostatečně silný proud, aspoň 800—1000 *ampère* při 60—65 *volt* napětí; ještě výhodnější však jest, lze-li užiti proudu o větší intenzitě 4—5 tisíc *ampère*.

Karbid vápenatý nabyl velikého významu praktického teprve tehdy, když se zpozorovalo, že vodou se rozkládá na hydrát vápenatý a acetylén podle rovnice



Acetylén C_2H_2 je známý plyn, kterého se užívá nejvíce k osvětlování. Známý jsou jednotlivé svítilny acetylénové, v nichž do nádržek se nasype karbid vápenatý, na nějž se shora pouští po kapkách voda, čímž hned se vyvine acetylén, který ve vhodných motýlových hořácích se zapaluje. Acetylénu však se užívá i při osvětlování celých domů, po případě i měst, při čemž se rozvádí z plynnární rozvodným potrubím stejně jako obyčejný svítiplyn. V Čechách je takovéto acetylénové osvětlení zavedeno v Kostelci nad Orlicí.

Leč acetylénu lze upotřebiti ještě k něčemu jinému; vhnáme-li totiž do plamene acetylénového kyslík, obdržíme tak vysoký žár, že jím lze taviti velmi rychle kovy, tak že se dají velmi pohodlně na př. železné desky řezati nebo zase jednotlivé kusy železa svářeti a pod.

Jinak sám karbid vápenatý má veliký význam též pro výrobu různých kyanidů, jež jsouce velmi dobrým hnojivem tvoří náhradu za drahý ledek, jak ještě později bude vyloženo.

Jiný karbid, jehož se nyní vyrábí veliké množství a jenž v praxi nabývá stále většího rozšíření, jest

karbid křemičitý (SiC) čili *karborundum*. Objevil jej Edison, když se snažil vyrobiti umělé diamanty; nynější pak metodu pro jeho výrobu upravil Acheson. Je to v podstatě táž metoda jako pro karbid vápenatý, jenom že místo páleného vápna dává se křemičitý písek; kromě toho pro zvýšení vodivosti přidává se několik dílů kuchyňské soli. Karborundum vypuštěné z elektrické peci tuhne v lesklých krystalcích barvy téměř zelené a vyniká neobyčejnou tvrdostí, dosahující téměř tvrdosti diamantu. Užívá se ho tedy k hotovení brusů a k broušení kovů i drahokamů místo smírku, ba i místo diamantového prášku. Pro výrobu karborunda zřízena jest americká společnost, která má hlavní továrnu u vodopádů niagarských; v Evropě jsou továrny na karborundum ve Francii a v Rakousku (v Čechách v Nov. Benátkách u Jizery, jejíž energie je tu využito).

Některé sloučeniny chemické vyrábějí se přímo elektrolyticky, ne v pecích elektrických; jsou to zejména louhy alkalické, chlorové sloučeniny, různé sloučeniny organické, mající význam hlavně v průmyslu barvířském a pod. Četné sloučeniny tyto jsou sice v praxi velice důležité, ale v rámci této knížky nelze o jejich výrobě obšírněji se zmiňovati.

Veliký význam má elektrolysa též pro bílení papíru a tkanin a je za tím účelem vymyšlena celá řada method. Bílení takové provádí se pomocí vhodné bílicí kapaliny, jež se může připravit na př. elektrolysou roztoku obyčejné kuchyňské soli. Za tím účelem nalije se roztok do zvláštních nádob, zvaných *elektrolysery*, a do tohoto roztoku zavádí se proud pomocí platinových anebo platinoirridiových elektrod. Tím nastává rozklad a výsledkem jeho je, že se v kapalině vytvoří sloučeniny chlóru se značnějším počtem atomů kyslíkových (na př. ClO_3 nebo

ClO_5), které přebytečný kyslík pak zase vypouštějí a tak látky do kapaliny vložené bílí.

Na tomto principu založeny jsou různé metody, jež skoro vesměs dobře se osvědčují a hojně jsou rozšířeny zejména v průmyslu textilním, papírnickém a celulosovém. Za důkaz jejich výkonnosti budiž tu uvedeno, kolik soli a elektrického proudu se spotřebuje na 1 *kg* aktivního chlóru; tak u metody Kellnerovy spotřebuje se 5 *kg* soli a 6—7 *kilowatthodin*, u metody Schoopovy 6 *kg* soli a 5·5 *kilowatthodin* a u metody Haas-Stahlovy 5·2 *kg* soli a 7·8 *kilowatthodin*.

Avšak různé látky dají se velmi dobře bíliti ještě jinými způsoby, mezi nimi též pomocí ozonu, který se také nejpohodlněji a poměrně nejhojněji dá vyrobiti cestou elektrickou. *Oxon* je modifikací kyslíku, záležející v tom, že v 1 molekule ozonu jsou 3 atomy kyslíku (proto molekulární značka ozonu O_3), kdežto v molekule kyslíku jsou pouze dva atomy kyslíku (proto značka O_2). Kyslík za normálních poměrů je látkou stálou, kdežto ozon snadno se mění v obyčejný kyslík, vypouštěje z každé molekule 1 atom kyslíkový, který je mohutným okysličovadlem a dychtivě se spojuje s různými látkami.

Jméno ozon (z řeckého: *ozón* = páchnoucí) bylo dáno tomuto plynu pro charakteristický zápach jeho, který možno na př. cítiti vždy velmi intensivně po dosti dlouhou dobu na místě, kde blesk udeřil. Ale ozon může si každý vyrobiti mnohem jednodušeji, nechá-li procházeti vzduchem elektrické jiskry buď z influenční elektriky anebo z induktoru; těmito výboji kyslík ve vzduchu obsažený aspoň z části mění se v ozon čili *v z d u c h s e o z o n u j e*. Ještě ve větším množství nabudeme ozonu, když místo jiskrového výboje elektrického užijeme výboje temného, při němž elektrody jsou tak daleko od sebe, že skutečný jiskrový výboj vůbec nenastane.

Základem všech ozonových přístrojů s temným výbojem jest *ozonová roura* Siemensova z r. 1857, která se skládá ze dvou souosých nahoře zatavených tenkostěnných trubic skleněných, které jsou do sebe vstrčeny a z nichž vnitřní na vnitřním plášti a vnější opět na zevnějším plášti jest opatřena staniolovými polepy. Tvoří tedy celek jakýsi válcový kondensátor, jehož dielektrikem jsou dvě vrstvy skleněné (stěny trubic) a vzduch mezi nimi obsažený. Staniolové polepy spojí se s póly induktoru na vysoké napětí a jakmile tento induktor počne pracovati, vznikne temný výboj, kterým se ozonuje vzduch mezi skleněnými trubicemi proudící.

K témuž účelu sestrojil v. Babo rouru, která se skládá z celé řady skleněných trubiček, do nichž jsou vloženy platinové drátky střídavě s nestejnými póly induktoru spojené; celek pak je vložen do veliké trubice, kterou probíhá vzduch, jenž se má ozonovati. Tyto roury určeny jsou pro výrobu ozonu v malém, ale i přístroje pro tovární užití jsou celkem založeny na témž principu.

Řekl jsem již, že ozon velmi dobře se hodí k bílení různých látek, ale v tovární praxi se příliš neosvědčil; tak na př. veliká naděje kladla se do něho zejména při bílení lněné příze a lněných látek, ale přes všechnu námahu metoda tato nezatlačila method jiných, jež jsou mnohem lacinější a vydatnější. Ozon je totiž poměrně drahý, jak ukazují tato čísla: 1 *kg* ozonu při parním pohonu v továrnách středních a velikých stojí asi 2·3 až 3·8 K, ale z tohoto ozonu pouze třetina působí jako aktivní kyslík, tak že 1 *kg* aktivního kyslíku stojí asi 7 až 12 K. Tato cena ovšem by značně klesla, kdyby se místo parního pohonu užilo lacinějšího pohonu vodního. Kromě toho ozon v obyčejných rozpustidlech málo se rozpouští a proto jen nedokonale se využitkuje.

Za to však velikého rozšíření ozon nabyt a jistě v budoucnu ještě většího nabude k sterilisaci a čištění vody jak v ústředních vodárnách, tak i u jednotlivých stojánků. Ozon totiž — jak dokázáno bylo četnými zkouškami v různých ústavech zdravotních — nijak ne- kazí chuť vody, ale při tom ničí naprosto bezpečně nejenom choroplodné zárodky tyfu, cholery a jiných nemocí, nýbrž umenšuje také počet neškodných vodních bakterií v takové míře, jaké pískovou filtrací nikdy nelze dosáti. Za příklad toho uvádím čísla, zjednaná bakteriologickým zkoumáním vody ve Filadelfii. Tam říční voda má v 1 cm^3 asi $2\frac{1}{2}$ millionu bakterií; z řeky pak vede se nejprve přes pískové filtry, jimiž se tak pročistí, že počet bakterií zmenší se v nejhorším případě asi desetkrát (t. j. asi na 250.000 v 1 cm^3). Takto filtrovaná voda čistí se konečně ozonem a to s takovým úspěchem, že po vyčištění obsahuje v nejnepříznivějším případě v 1 cm^3 toliko 55 úplně neškodných bakterií (někdy dokonce jen 5). Větší cena ozonu nepadá tu nikterak na váhu, poněvadž se při tom jedná pouze o nepatrné poměrně množství ozonu, potřebné k zničení bakterií ve vodě; tak na př. 1 m^3 velmi špatné vody vyžaduje průměrně jen 2 g ozonu, což značí náklad 1—2 h.

První pokusy s ozonováním vody prováděla firma Siemens a Halske v letech 1889—91 a po ní pokusů těch se chopili i četní jiní technikové, tak že nyní je již celá řada systémů pro ozonování vody. Když pak bylo bakteriologicky zajištěno, že nebezpečné zárodky nemocí ve vodě obsažené ozonem se naprosto zahubí, přikročeno bylo leckde k stavbě ozonovacích zařízení u vodáren; v Německu první tato zařízení byla provedena ve Wiesbadenu (každou hodinu se ozonuje 250 m^3 vody) a Paderbornu ($50—60\text{ m}^3$ vody), kdež dosud výborně se osvědčují a vy-

žadují (i s umořením) na 1 m^3 nákladu pouze 2·4 h, resp. 1·9 h. Možno, že i v Praze shledáme se v době poměrně krátké s ozonovacím zařízením, ne-li pro stálý pohon, tedy aspoň pro propláchnutí infikovaného starého vodovodu.

V některých městech — jako na př. v Paříži — jsou hojně v oběhu malé ozonovací přístroje, *oxonéry*, které jsou připevňeny u stojánků, z nichž voda vytéká. Otočí-li se klikou, aby voda vytékala, uzavře se současně elektrický proud, který vchází do malého transformátoru, jehož sekundární póly jsou připojeny k vlastnímu ozonovacímu přístroji. Tam vchází vzduch, filtrovaný vatou, aby byl zbaven prachu, ozonuje se a pak se smísí s vodou, tak že vytékající voda je již zdravotně nezávadná; proudy spotřebuje se při tom asi tolik, co u normální žárovky.

Jako poslední, ale mnohoslibné použití elektrochemie v praxi budiž uvedena výroba látek dusíkatých cestou elektrickou. Je všeobecně známo, že, chceme-li z orné půdy dosáti dobré úrody, musíme ji řádně hnojit. Přirozené však hnojivo, jako různé odpadky a chlévský hnůj, naprosto nestačí hraditi ohromnou spotřebu dusíku, který ke zdárnému vývoji rostlin je nejdůležitější a tak tedy nutno sáhnouti k hnojivům umělým; z nich dlužno jmenovati aspoň síran ammonatý, vedlejší produkt plynárenský, jehož se ročně vyrobí asi 500.000 *tun*, různá guana a konečně nejdůležitější čilský ledek. Jak stoupá spotřeba umělých hnojiv, je patrné z těchto čísel: roku 1860 bylo vyvezeno čilského ledku 68.500 *tun*, r. 1890 již 1,025.000 *tun* a r. 1903 dokonce 1,606.000 *tun*, jehož cenu možno odhadnouti asi na 400 millionů korun*). Na Rakousko připadá z toho asi 8000 *tun*.

*) Celého tohoto množství však zemědělství nespotřebuje, nýbrž jen asi $\frac{4}{5}$, kdežto zbytku $\frac{1}{5}$ užije se v průmyslu chemickém, zejména při výrobě traskavin.

Umělá tato hnojiva nemají však nekonečně dlouhého trvání; tak na př. síran ammonatý podmíněn jest existencí kamenného uhlí, jehož zásoby v konečné době budou vyčerpány; ložiska pak guana a čilského ledku také mizejí zejména při nynější veliké spotřebě velmi rychle, tak že podle nových výpočtů již v polovici nynějšího století (kolem r. 1950) poslední ledek bude vybrán, nenajdou-li se snad nová dosud neznámá jeho ložiska.

Tímto faktem postaveni byli chemikové před důležitý problém: postarati se o vhodnou náhradu dosud užívaných látek dusíkatých jinými, jež by se nevyčerpaly v době tak krátké. A tu přirozeně obrácena byla pozornost k nejbohatší zásobě dusíku, ke vzduchu, v němž je přibližně vedle 21⁰/₀ kyslíku asi 79⁰/₀ dusíku. Jak ohromné množství dusíku je tu obsaženo, patrně z toho, že sloupec vzduchový, spočívající nad každým *km*² povrchu zemského, obsahuje tolik dusíku, kolik by stačilo krýti spotřebu světovou asi 25 let; podle toho tedy vzduch nad královstvím českým se prostírající poskytl by dusíku na více než million let.

Ale otázka další je, jak lze dusík, plyn tak netečný, vpravit ze vzduchu v dusičnany, v ony sloučeniny, jež pro hnojení i pro technické upotřebení jsou nezbytné? Po dlouhých pracích konečně se podařilo najíti několik method pro tuto výrobu, ale z nich pro praktické upotřebení hodí se prozatím jen dvě, jež zde podrobněji popíši.

První metoda, jejímiž původci jsou N. Caro a dr. A. Frank, spočívá v tom, že na karbid vápenatý rozžhavený v elektrických pecích žene se čistý dusík, který dostaneme odpařováním zkapalněného vzduchu. Karbid vápenatý tento dusík přijímá a mění se v kyanamid vá-

penatý čili dusíkaté vápno ($CaCN_2$, Kalkstickstoff), jež obsahuje asi 20⁰/₀ dusíku a je velmi dobrým hnojivem, ačkoliv ne pro každou půdu. R. 1908 obnášela roční výroba asi 45.000 *tun*, neboť nyní je již celá řada továren na výrobu dusíkatého vápna, které ovšem mohou s úspěchem pracovati jen tam, kde jest energie elektrická hodně laciná.

Tato podmínka platí i pro druhou metodu, která chce vzdušný dusík přímo okysličit, aby tak získala hned různé kysličníky dusíkové, jež s vodou dohromady dávají kyselinu dusičnou, základ všech dusičnanů. Již r. 1876 dokázal Angličan H. Cavendish, že dusík vzdušný možno spáliti, působí-li se na vzduch (směs kyslíku s dusíkem) silnými výboji elektrickými; prakticky však dalo se toho využiti teprve tehdy, když bylo umožněno pracovati s ohromnou energií elektrickou. Na základě theoretických prací pak se poznalo, že, chceme-li ve vzniklém kysličníku míti co nejvíce dusíku, musíme užiti teploty pokud možno vysoké (elektrického oblouku) a potom vyrobený plyn co nejrychleji ochladiti, protože vytvořené kysličníky dusíkové za vyšší teploty opět by se rozložily.

Technicky chtěl toho poprvé použiti Bradley v Americe, jenž ve vodopádech niagarských doufal nalézt dostatečně lacinou energii, ale přece pro nákladnost strojů vyrobené dusičnany nemohly cenou svou konkurovati s přírodním čílským ledkem a proto podnik jeho se neudržel.

Za to však plně se osvědčila metoda dvou Norů, univ. profesora Ch. Birkenlanda a inženýra S. Eydea, podle které již nyní se vyrábí hojně vápenného ledku zejména v Nottodenu v Norsku. Hydroelektrická centrála tohoto závodu postavena jest u vodopádu, jenž

maje spád 46·5 *m* vrhá průměrně za vteřinu 52 *m*³ vody. Voda tato svádí se k turbinám, jež pohánějí generátory na proudy trojfázové o napětí 10.000 *volt*. Odtud převádí se energie elektrická do vzdálenosti 7 *km* k vlastní chemické továrně, k elektrickým pecím, jichž je tam nyní celkem 32. Pec má tvar velikého úzkého válce z ohnivzdorné hlíny, jehož vnitřní stěny jsou obklopeny měděnými deskami. Válec ten postaven je tak, že obě základny stojí svisle; úzkým pak jeho pláštěm procházejí dvě měděné elektrody duté a vodou chlazené, které jsou umístěny mezi póly silného podkovitého elektromagnetu, procházejícími základnami válce. Světelný oblouk vzniká tu střídavým proudem o napětí 5000 *volt* a má efekt asi 500 *kilowatt*; jelikož pak představuje vlastně pohyblivý proudovodič, rozkmitá se v magnetickém poli silného elektromagnetu, stejnosměrným proudem vzbuzeného, tak že se roztáhne ve světelný kotouč o průměru asi 1·5 *m*, v němž dusík se spaluje.

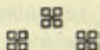
Postup výroby jest asi takový: Vzduch nassává se mohutnými ventilátory a vhání se (asi 25 *m*³ za minutu) k elektrickému oblouku. Tam vytvoří se kysličníky dusičitý a dusičelý (*NO* a *NO*₂), jež jsouce velice horké jsou náchylny k zpětnému rozkladu. Musí se tedy co možná rychle ochladit a to tím, že procházejí trubicemi kotlů, kdež vlastním teplem ohřívají vodu a tím samy se ochladí na 200—250°. (Páry takto vyvinuté užije se k zahušťování později vyrobených roztoků dusičnanů.) Potom se vedou do chladičů aluminiových, kdež se ochladí asi na 40° C, a odtud vpouštějí se do věží okysličovacích, v nichž se chlazení dokončí a zároveň kysličník dusičitý se přeměňuje na dusičelý. V dalších žulových věžích absorpčních spojují se pak s vodou a přeměňují se tak v kyselinu dusičnou (*HNO*₃) ovšem

velice zředěnou, jež stále a stále vrací se ve styk s novými plyny, až vznikne kyselina asi 50procentní. Ta pak vápnem mění se v dusičnan vápenatý čili vápenný ledek (Kalksalpeter) anebo sodou v dusičnan sodnatý.

Na tomtéž principu založena je pec Schönherr-ova, které užívá »bádenská továrna na anilin a sodu«; u ní světelný oblouk o vysokém napětí délky asi 5 m hoří uvnitř trubice, kterou potřebný vzduch se prohání.

V poslední době s touto bádenskou továrnou spojila se norská společnost pro využitkování vzdušného dusíku, o jejíž továrně v Nottodenu jsem právě vykládal; obě tyto společnosti dohromady počaly pak již v Norsku se stavbou nových továren vesměs na místech, kde velké vodopády skýtají ve značné míře lacinou vodní energii, a tak v krátké době budou mít pro výrobu vápenného ledku k dispozici asi 500.000 HP. Přesnými zkouškami shledalo se, že 1 HP stojí norskou společnost za rok asi 14.5 K, tak že 1 *kilowatthodina* stojí pouze $\frac{1}{4}$ haléře; pak ovšem ceny produktů jsou tak malé, že úspěšně mohou již konkurrovati s ledkem čilským.

Celková výroba umělých sloučenin dusíkatých není dosud veliká; podle poslední zprávy obnášela za rok 1908 25.000 *tun*, ale v následujících letech vlivem nových továren stoupne velmi značně, tak že r. 1913 dostoupí již výše aspoň 200.000 *tun*; rozšíří-li se pak výroba tato i jinde, lze očekávati, že v době dohledné snad všechna spotřeba dusičnanů bude se moci hraditi produkty umělými.



Rejstřík.

Acetylén 139
 aequivalent elektroche-
 mický 122
 aequivalent chemický 125
 aequivalentní váha . 125
 Acheson 140
 akumulátorové dráhy 55
 aluminium 134
 anion 121
 anoda 121
 Arago 25
 Aronsova lampa . . 97
 asynchronní motor . 27
 » » jedno-
 fázový 34
 atom 124
 Auer z Welsbachu 70, 73

Baily 25
 Birkenland 146
 body napájecí 53
 Bradley 146
 Bragstadt 37
 Bremer 95
 bronz aluminiová . . 135
 brousíci motor 40
 brzdění elektrických
 drah 58

Caro 145
 Cavendish 146
 celková výkonnost zdro-
 je světelného . . . 65
 cena elektrického světla 68
 Clausius-Arrheniova
 theorie 122
 Cooper-Hewittova lampa 98

Články galvanické . 127
 » thermoelektrické 115
 články Daniellův . . 127
 » Grenetův . . . 127
 » Voltův 127

Davy 79, 134
 derivační lampa oblou-
 ková 81
 derivační motor . . . 9
 diferenciální lampa
 oblouková 81
 diferenciální lampa
 Křížikova 82
 dissociace 122
 divisor 93
 dráhy elektrické akku-
 mulátorové 55
 dráhy elektrické s prou-

dem. jednofázovým . . .	59
dráhy elektrické s proudem trojfázovým . . .	60
dráhy elektrické s vedením spodním . . .	54
dráhy elektrické s vedením svrchním . . .	52
drát trolleyový . . .	53
dusíkaté vápno . . .	146

Edison . . .	66, 140
Edisonova objímka . . .	68
elektrická dráha Tábor-Bechyňe . . .	59
elektrické automobily . . .	60
» čluny . . .	60
» omnibusy . . .	60
» tramwaye měst. . .	52
» zařízení pro maloživnostníka . . .	45
elektrický ventil . . .	103
elektroda . . .	121
elektrochemická jednotka elek. množství . . .	126
elektrochemický aequivalent . . .	122
elektrolyse . . .	121
elektrolyser . . .	140
elektrolyt . . .	121
elektrolytická měď . . .	132
elektrometallurgie . . .	132
elektromotorická síla thermočlásku . . .	116, 117

elektromotory viz : motory	123
elektrina v hospodářství	46
Elmoreův proces . . .	133
Eyde	146

Faraday . . .	121, 134
Faradayův zákon první . . .	121
» » druhý . . .	126
fáze pomocná . . .	35
Ferraris	25
ferroaluminium . . .	135
Finsen	102
Frank	145

Galvanické lázně . . .	130
galvanokanstika . . .	108
galvanoplastika . . .	128
galvanostegie . . .	128
Girodova pec . . .	137
Görgesovy motory . . .	32
gramaequivalent . . .	125
grammolekule . . .	124

Hankel	115
Heraeus	102
Héraultova pec . . .	134
homogenní uhlík . . .	87
Howel	70

Chemický aequivalent . . .	125
-----------------------------------	-----

Indukční motory . . . 20
 » **pec** . . . 137
infračervené světlo . . 64
ionty . . . 121, 123

Jacobi . . . 128
**jednofázový motor kol-
 lektorový** . . . 19
**jednofázový motor asyn-
 chronní** . . . 34
Jouleovo teplo . . . 61
Just a Hanamann . . 73

Karbidy . . . 138
karbonisování vláken . 66
karborundum . . . 140
kaskádní transformátor 37
kathoda . . . 121
kation . . . 121
Kjellinova pec . . 137
knotový uhlík . . . 87
kollektorové motory . 19
kompoundní motory . 13
kontaktní kladka . . 53
 » **loďka** . . . 55
 » **třmen** . . . 53
kontrolér . . . 53, 57
konvertor . . . 17
kotevní vozík k orání 48
kotva na krátko . . 26
 » **vícefázová** . . 30
kryptol . . . 112
Křížík . . . 83
Křížíkova lampa . . 82

Kužel . . . 73
kyanamid vápenatý . 145

La Cour . . . 37
lázně galvanické . . 130
ledek čilský . . . 144
 » **vápenný** . . 148
letovadlo elektrické . 113
Liliput . . . 90
luminescence . . . 99
lokomobila elektrická 46
lokomotiva » 50, 60

Magnalium . . . 135
magnesium . . . 135
magnetické pole točivé 22
mechanická účinnost . 14
metaliisované vlákno . 70
Mignon . . . 90
mocenství . . . 124
Moissanova pec . . 136
molekule . . . 124
motorgenerátor . . 17
motorový vozík k orání 47
**motor s ozubenou před-
 lohou** . . . 43
motory asynchronní . 27
 » » **jedno-
 fázové** . . . 34
motory derivační . . 9
 » **Görgesovy** . . 32
 » **indukční** . . 20
 » **kollektorové
 jednofázové** . . 19

»	kompoundní .	13	oblouková lampa rtu-	
»	repulsní . .	19	ťová	97
»	seriové . .	11	oblouková lampa se-	
»	» u elektr.		riová	81
	drah	56	oblouková lampa s ome-	
»	s proudem stej-		zeným přístupem	
	nosměrným .	3	vzduchu	90
»	synchronní .	14	oblouková lampa s	
»	vodotěsně uza-		proudem střídavým	91
	vřené	40	oblouková lampa s uza-	
			vřeným obloukem	87
			oblouková lampa ú-	
			sporná	90
Náhradní odpor . .		86	odpor náhradní . .	86
natrium		134	» předražný .	76, 85
negativní kov . .		115	» spouštěcí .	7, 31
Nernst		75	» » kapali-	
normální záření . .		63	nový	8, 31
Objímka Edisonova .		68	odpor vnitřní thermo-	
oblouk Davyho . .		79	člátku	117
oblouková lampa elek-			oekonomie lamp elek-	
trická		78	trických 69, 86, 90, 93,	
oblouková lampa de-			96, 99	
rivační		81	orání elektrické . .	47
oblouková lampa dieff-			os- lampy	70
renciální		82	osmium	70
oblouková lampa dlou-			ozon	141
hodobá		87	ozonér	144
oblouková lampa Donát-			ozonování vody . .	143
Doubravcva . . .		84	» vzduchu	141
oblouková lampa Kři-			ozonová roura . .	142
žíkova		82		
oblouková lampa pla-			Paschen	70
mencová		94	patrony kryptolové .	113

» skleněné	109	prvek	124
pec Birkenland-Eyde- ova	147	předhřívač Nernstovy žárovky	76
pec Girodova	137	předražný odpor . 76, 85	
» Héraultova	134	pumpy centrifugální .	40
» indukční	137	pyrometr Le Chate- lierův	120
» Kjellinova	137		
» Moissanova	136	Raffinace elektroche- mická	132
» oblouková	135	regulace elektrického oblouku	81, 91
» odporová	136	regulace rychlosti mo- toru	8
» Schönherrova	148	regulace rychlosti mo- toru u elektr. drah	57
» Siemen-Halskeova	138	repulsní motory	9
Peltierovo teplo	114	reservní válec	58
Peltierův zjev	114	rotor	25
Piccolo	90	rozdělení světla u oblou- kové lampy s prou- dem stejnosměrným	79
plamencové lampy		rozdělení světla u oblou- kové lampy s prou- dem střídavým	91
obloukové	94	rozdělení světla u oblou- kové lampy plamen- cové	95
počet obrátek u motoru	5	rozdělení světla u oblou- kové lampy rtuťové	99
pojistky	109	rozchod	27
pomocná fáze	35	rozžhavení drátu prou- dem	62
pozitivní kov	115	rtuťová lampa	97
potenciální rozdíl u lamp obloukových .	80		
práce elektrického proudu	61		
pravidlo levé ruky	1		
» pravé ruky	1		
protielektromotorická síla elektr. oblouku	80		
protielektromotorická síla motorů	2		
protielektromotorická síla polarisovaných elektrod	131		

rychlost motoru stejno- směrného	5	svítivost oblouk. lamp plamencových	96
rychlost motoru syn- chronního	15	svítivost oblouk. lamp rtuťových	100
rychlost točivého pole magnet.	24	Swan	65
Sběrač proudový vi- sutý	48	synchronní motor	14
Seebeck	114	systém topný krypto- lový	112
seriová lampa oblou- ková	81	Tantalová žárovka	72
seriový motor	11	tažná síla	6
Schönherrova pec	148	teplo Jouleovo	61
Schott	102	» Peltierovo	114
Siemens	49, 142	teplota oblouku elek- trického	79
Siemens-Halskeova pec	138	teplotové záření	63
síla protielektromoto- rická	2, 80, 131	Tesla	25
síla tažná	6	thermoelektrická řada	117
spouštěcí odpor	7, 31	thermoelement	115
spouštěcí odpor kapa- linový	8, 31	» pro měření vysokých a nízkých temperatur	120
stator	25	thermoproud	115
Steinmetzův transfor- mátor	106	thermosloup Gulcherův	117
studené záření	64	» Melloniho	118
světelná výkonnost	65	» Noe-Rebičkův	118
svítivost oblouk. lamp s proudem stejnosm.	86	» Rubensův	119
svítivost oblouk. lamp s proudem střídav.	93	točivé pole magnetické	22
svítivost oblouk. lamp dlouhodobých	89	topné přístroje elek- trické	111
		transformátor kaskádní	37
		» Steinmetzův	106
		trojvodič u elektrických drah	58

trolley	53	výkonnost celková . .	65
trmeny. kontaktní . .	53	» světelná . .	65
Účinnost mechanická	14	Whitney	70
uhlíky homogenní . .	87	Záření normální . .	63
» knotové	87	» studené . 64, 99	
ultrafialové světlo 64,	102	» teplotové	63
uvioletové sklo . . .	102	zdviže elektrické . .	46
Váha aequivalentní .	125	zlatu	133
» atomová	124	ztráta napětí u oblou-	
» molekulární	124	kové lampy	80
valence	124	Žárové lampy elektrické	65
vápenný ledek	148	žárovka Auerova . .	70
vápno dusíkaté	146	» kolloidová	73
vedení napájecí	53	» kolloid-wolfram-	
» spodní	54	mová	73
» svrchní	52	» Nernstova	75
» trolleyové	52	» » expressní	77
» trojvodičové	58	» osminová	73
ventilátory elektrické	90	» osmiová	70
ventil elektrický . . .	103	» osramová	73
vlny infračervené . .	64	» s vláknem me-	
» ultrafialové 64, 102		tallisovaným	70
vodivost elektrolytů	126	» tantalová	72
vrtačky elektrické . .	40	» wolframová	73

Obr. 3., 4., 5., 6., 8., 13., 28., 29. a 33. kreslil autor; k obr. 1., 2., 7., 9.—12., 14.—23., 30.—32. a 39. zapůjčila laskavě štočky elektrotechnická továrna Bartelmus, Donát a spol. v Brně, k ostatním pak obrázkům: 24.—27., 34.—38. a 40. nakladatelství Fr. Šimáčka v Praze (z časopisu »Vynálezy a Pokroky«).

OBSAH:

	Str.
IX. O motorech elektrických	1
a) Motory s proudem stejnosměrným	3
b) Motory s proudy střídavými	14
1. Motory synchronní	14
2. Motory kolektorové	19
3. Motory indukční	20
c) Užití elektromotorů v praxi	38
d) Elektrické dráhy	48
X. Tepelné a světelné účinky proudu elektrického . .	61
a) Elektrické světlo žárové	62
b) Světlo obloukové	78
c) Jiné tepelné účinky proudu elektrického . . .	108
d) Thermoelektřina	114
XI. Chemické účinky proudu elektrického	121
Rejstřík	149
Obsah	156
Oprava	156

Oprava: Na str. 87. 1. řádek zdola čti: přes 100 hodin a místo: přes 100 di hona. Na str. 94. čti obr. 33. místo obr. 19.