

B. Macků

Výroba elektrických oscillací dynamo-elektrickými stroji. [II.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 46 (1917), No. 2-3, 185--206

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/120924>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1917

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



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

vždy čisté) a na rám položí se kruh s vložkami pro různě veliké negativy (na obr. 3. v pravo dole). Kruh se dá na rámu mezi dvěma ložisky otáčeti, což je výhodno pro ten případ, nemáme-li komoru quadratickou a fotografuje-li se jednou negativ na vysoko, jindy zase na široko. Mimo to možno otočením kruhu vyrovnati event. šikmé postavení komory při původním snímku. Při zvětšování vázání jsme velikostí fotografického přístroje. Proto zhotovil jsem na tomto principu jednoduchý vertikální zvětšovací přístroj, který se dobře osvědčuje a jehož konstrukci v nejbližší době popíši.

Výroba elektrických oscillací dynamo- elektrickými stroji.

Napsal **B. Macků.**

(Přednáška v Jednotě Č. M. a F. v Praze, v lednu 1916.)

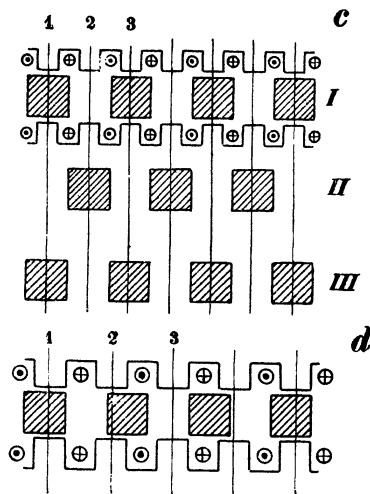
(Dokončení.)

Na výkrese 3c značí čárkované plochy řezy železnými žebry. Všimněme si magnetické indukce ku př. v zubech 3. Má-li kotouč polohu I je indukce v nich maximální. Při otočení kotouče o roztoč zubů, t. j. do polohy II je indukce minimální, při otočení o dvě roztoče, poloha III., je indukce opět maximální. Otočí-li se tedy kotouč o 2 roztoče proběhne změna magnetické indukce v každém zubu plnou periodu. Jest tedy kmitočet proudu vynikajícího ve vinutí kotvovém, na zubech, roven součinu počtu otoček a počtu jeho žebor.

Celková magnetická indukce pólů zůstává pro libovolné postavení kotouče velmi blízko táž; v poloze I jde značná indukce zuby 1, 3, 5, ... nepatrná zuby 2, 4 ...; v postavení II. značná zuby 2, 4 ..., nepatrná zuby 1, 3, 5; součet v obou případech je však týž. Přibližně totéž platí pro libovolnou polohu kotouče. Kotouč tedy při pohybu svém nemění sice celkové magnetické indukce v pólech, ale postupně dle okamžité polohy železných jeho žebor ji nestejnoměrně dělí mezi sousední zuby. (Se změnou celkové indukce vznikaly by též indukované proudy v magnetisující cívce m , čímž by výkonnost stroje klesla. Mimo to i s ohledu na ztráty magnetickou hysterésí je nutno, aby

změna magnetické indukce byla omezena na objem železa co nejmenší.)

Při strojích těchto užívá se velikého počtu otoček, 20.000 za minutu. Při 600 zubech na polu docílí se tím kmitočtu 100.000 za sekundu. Stroj takový, o průměru desky asi 30 cm (roztoč zubů polových je pak pouze 1,5 mm!) má výkon asi 2 KW. Zhotoveny však byly i stroje o kmitočtu 50.000 a výkonu desítek KW.



Obr. 3. c, d.

Pro dosažení kmitočtu 200.000 užívá Alexanderson téže konstrukce, avšak poměr počtu zubů k počtu žebel je 4 : 3 (a ne 2 : 1 jako dříve) obr. 3d. V každém zubu proběhne magnetická indukce celou periodu, když kotouč otočí se o jedno žebro + jednu štěrbinu. Jest tedy délka periody této $T = \frac{1}{n}$, kdež n jest týž kmitočet jako předešle (předpokládá se stejný počet žebel kotouče a stejný počet otoček). Faze změny indukce v zubech je však jiná. V zubech 0, 4, 7 atd. táž, v zubech 2, 6, 10 ... síce stejná, ale proti oně zubů předešlých posunuta časově o půl periody, v zubech 1, 5, 9 ... posunuta o čtvrt periody, v zubech

3, 7, 11 ... posunuta o $\frac{2}{4}$ periody. Jest tedy vždy ve čtyřech za sebou jdoucích zubech magnetická indukce

$$\Phi(t), \Phi(t - T/4), \Phi(t - 2T/4), \Phi(t - 3T/4).$$

Oviňme zuby vodičem sem tam vedeným. Indukční tok plochou vinutí toho je (hledíme-li jen k první čtveřici zubů)

$$Q = \Phi(t) - \Phi(t - T/4) + \Phi(t - 2T/4) - \Phi(t - 3T/4)$$

kdež znamení — pochází odtud, že zuby ony obíhá vinutí směrem negativním. Časový průběh indukce nebude čistě sinusový (o periodě $T = 1/n$) nýbrž obecně dán Fourierovou řadou:

$$\psi(t) = \psi_0 + \Phi_1 \sin 2\pi nt + \psi_2 \sin(2 \cdot 2\pi nt + \varepsilon_1) + \dots$$

Dosazením do výrazu pro Q vyjde:

$$Q = 4\Phi_2 \sin(4\pi nt + \varepsilon_1) + \dots$$

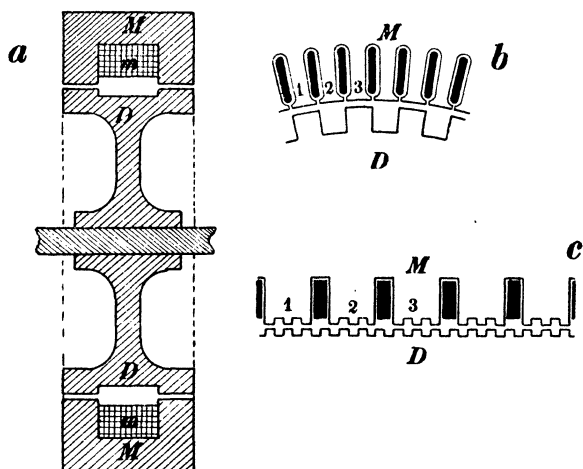
a bude tedy základní kmitočet proudu nyní získaného dvojnásobný proti onomu v případě dřívějším (obr. 3c).

Princip metody v tomto druhém případě užitý bylo by možno vyjádřiti takto. Stroj konstruuje se tak, aby časový průběh magnetické indukce v zubech, jejíž změnou vzniká žádaný proud, nebyl sinusový, t. j. aby obsahoval i komponenty, jichž kmitočet je násobkem základního. Ovinutí zubů provede se pak tak, aby indukovaná elektromotorická síla základního kmitočtu (a některých dalších vyšších kmitočtů) v ekvivalentních částech vinutí měla stejné hodnoty opačného znamení, a byla tedy v celém vinutí nulovou, avšak elektromotorická síla žádaného vyššího kmitočtu, aby měla v nich stejné hodnoty stále téhož znamení.

Výkonnost stroje takového, o znásobeném kmitočtu, je vždy menší než obdobného o témž kmitočtu, jenž je však kmitočtem základním. V případě prvním bude totiž celková změna indukce vždy větší, neboť mimo komponentu o kmitočtu stroje musí v ní býti obsaženy též komponenty o všech kmitočtech nižších až do základního, při čemž amplitudy těchto budou jistě aspoň tak veliké jako ona žádaného kmitočtu: To však znamená, že ztráty hysteresí v železe (jakož i vířivými proudy) budou v případě prvním při stejném výkonu obou strojů, značně veliké. Z toho důvodu omezil se Alexanderson pouze na stroje

o dvojnásobném kmitočtu a nedá se čekat, že by i jiná konstrukce dala se prakticky užití pro kmitočty řekněme $10 \times$ větší základního, nehledě ani k praktickým obtížím konstrukce, v níž by změna indukce měla mít značnou komponentu o kmitočtu $10 \times$ větším základního.

Pojednal jsem o strojích Alexandersonových poněkud obšírněji, neboť dosud jsou jedinými, jimiž dosáhne se proudu o kmitočtu tak velikém, že se ho dá přímo užití pro telegrafii. Užívá jich v Americe Fessenden.



Obr. 4. a, b, c.

Ostatní společnosti, pokud užívají strojových oscillací, dosahují potřebného kmitočtu zvýšením kmitočtu proudu stroje. Stroje samy dávají proud o kmitočtu asi 10.000. Daly by se tu tedy užití stroje Teslovy, avšak zmínil jsem se již při nich, že dnes známy jsou konstrukce dokonalejší.

Typickými stroji toho druhu jsou stroje hotovené od „Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft“ pro „Telefunken“ dle návrhu Arcova a to o výkonu až set KW. Stroje jsou též typu induktorového. Schema stroje dává obr. 4a). Jádrem elektromagnetu *M* zhotoveno je z měkkého železa, a magnetováno cívkou *m* tak, že celá strana levá a pravá tvoří vždy jeden pól. Póly tyto

jsou z transformatorového plechu tloušťky 0·03 mm a rozděleny v zuby (obr. 4b) jež ovinuty jsou vodičem sem tam vedeným jako kotvovým vinutím. Uvnitř elektromagnetu otáčí se ocelový kotouč *D*, jenž má na obvodu proti každému pólu poloviční počet zubů než pól. Také kotouč je cívkou *m* magnetován. Celkový indukční tok příslušný cívce *m* zůstává nezměněný pro libovolnou polohu kotouče. Jedině v zubech pólů nastává při pohybu kotouče změna indukce. Stojí-li totiž ku př. zub kotouče proti 1. zubu pólu, je v tomto zubu indukce velká, v 2. malá, 3. velká atd. Otočí-li se kotouč o roztoč zubů pólu je v 1. zubu indukce malá, v 2. velká, v 3. malá atd. Celkový tok se nezmění. Důležitě však je, že se též nemění (resp. jen nepatrně mění) i indukce v zubech kotouče. Tím je totiž umožněno zhotoviti kotouč z jediného kusu ocele. Indukce v zubu pólu proběhne celou periodu, když kotouč se otočí o roztoč svých zubů. Jest tedy kmitočet proudu dán součinem otoček kotouče (za sec.) a počtu jeho zubů.

Stroje *Goldschmidtovy*, fmy C. Lorenz jsou konstrukce obdobné konstrukci asynchronních motorů, při čemž však každý zub reprezentuje jeden pól. Ovinut je stator i rotor. Stroji těmito, jichž základní kmitočet je též asi 10.000, budeme se zabývatí podrobněji ještě později.

V předešlém projednány v podstatných rysech stroje provedené a upotřebitelné v telegrafii bez drátu. Zbývá ještě zkrátka zmíniti se o různých návrzích.

V podstatě na principu využití násobků základního kmitočtu při nesinusovém průběhu magnetické indukce založeny jsou návrhy *Bouthillonův*, *Balsiliov* a *Heylandův*³⁾. *Bouthillon* podal theorii svého návrhu. Od provedení návrhů těchto nedá se však očekávati žádný uspokojivý výsledek, jak vyloženo při stroji *Alexandersonově*, neboť měl by při nich přijíti k platnosti kmitočet mnohonásobný základního (u *Bouthillona* ku př. 49, neb i vyšší!).

³⁾ *L. Bouthillon*: Jahrb. d. drathl. Tel. 8, 34, 1914.

J. G. Balsilie: Německý patent 218.135.

A. Heyland: Německý patent 261.030.

Při strojích elektrostatických, patentovaných *Petersenem* a firmou *Lorenz* ⁴⁾, jichž základní kmitočet mimo to má být zvýšen: u *Petersena* zpětným účinkem kotvy, u *Lorenze* kaskadovitým spojením několika strojů za sebou, je nutno vyčkatí výsledku realizace, ačli kdy provedena neb s veřejností sdělena bude.

Theoreticky zajímavým je návrh užití k výrobě střídavých proudů velkého kmitočtu dynama na proud stejnosměrný. Objev pochází od *Corbina* z r. 1904. Neodvisle od něho nalezena táž methoda *Rüdenbergem*. ⁵⁾

Značí-li N počet otoček induktoru seriového dynama stejnosměrného (ať obvyklé konstrukce nebo unipolární) pak za předpokladu střední magnetisace pólů, kdy magnetická jich indukce je přímo úměrna intenzitě J magnetisujícího proudu, platí pro vnitřní elektromotorickou sílu dynama E

$$E = ANJ,$$

kdež A je konstanta závislá od konstrukce.

Kruh budiž uzavřen kondensátorem kapacity C . Odpor kruhu označme R , a počítejme do něho i ztráty magnetické. Samoindukce kruhu budiž S . Pak platí:

$$S \frac{dJ}{dt} + RJ + \frac{1}{C} \int J dt = ANJ$$

aneb po differencování této rovnice:

$$SJ'' + (R - AN) J' + \frac{1}{C} J = 0.$$

Stojí-li induktor ($N = 0$) a byl-li kondensátor nabit, vznikne ve stroji obvyklý výboj kondensátoru, t. j. střídavý proud o kmitočtu $n = \frac{1}{2\pi\sqrt{SC}}$ s ubývající amplitudou. Dá-li se však rotací induktoru dosáhnouti, aby bylo

$$AN > R,$$

pak by amplituda tohoto výbojového proudu s časem rostla, t. j.

⁴⁾ *W. Petersen*: Německé patenty: 257.887, 260.281, 261.232, 276.192.
Fma C. Lorenz: Německé patenty: 273.918.

⁵⁾ *O. M. Corbino*: *Phys. Ztsch.* 8. 924. 1907, 9. 195. 1908.
Q. Rüdenberg: *Phys. Ztschr.* 8. 668 1907.

oscillace by se ve stroji nejen udržely, nýbrž bylo by možno ze stroje brát energii ve formě oscillací. Stroj takový byl by přímo ideálním generátorem, poněvadž kmitočet oscillací jeho závisel by jen od konstrukce (S, C) a ne od otoček.

Avšak Corbino sám již našel, že podmínka $AN > R$ dá se prakticky splnit jen pro malé kmitočty (sta). Totéž platí i pro jiné uspořádání, při němž se užije stejnosměrného seriového motoru a kondensátor připojí se jako vedlejší větev na induktor. Přichází tu k platnosti klesající charakteristika induktoru (podobně jako při obloukovém generátoru pro oscillace)

V zásadě na Corbinově principu založeny jsou patenty *Peukertův* a *Clarkův*.⁶⁾ Případná realizace jich povede nejpravděpodobněji k negativnímu výsledku Corbinovu.

Přehlédneme-li, co bylo uvedeno, i s návrhy, není obraz příliš uspokojivý. Máme vlastně jen jedinou prakticky přímo upotřebitelnou konstrukci, stroje Alexandersonovy. Pak zbývají již jen stroje o kmitočtu, jež třeba zvyšovati.

Charakteristickým je, že všechny upotřebitelné stroje jsou jen modifikace strojů pro obvyklé kmitočty. Horní mez dosažitelného kmitočtu závisí pak od proveditelné největší obvodové rychlosti rotoru v a od proveditelné nejmenší roztoče Δ_r zubů s kotvovým vlnutím. Pro stroje typu induktorového (Alexandersonovy, Arcovy) je kmitočet n dán součinem otoček rotoru N a počtu jeho zubů p_r , tedy

$$n = Np_r.$$

Značí-li r poloměr rotoru, Δ_r roztoč zubů jeho, je

$$v = 2\pi r N \qquad 2\pi r = p_r \Delta_r$$

a tedy:

$$n = \frac{v}{\Delta_r}$$

t. j. kmitočet jest roven podílu obvodové rychlosti rotoru a roztoče jeho zubů. Aby při otáčení rotoru se neměnil celkový magnetisační tok (magnetisující cívky) volí se počet zubů rotoru poloviční než počet zubů pólových. Jest tedy roztoč zubů pólo-

⁶⁾ *E. Q. Clarke*: Německý patent 269.845.

W. Peukert: Německý patent 271.390.

vých, ovinutých (\mathcal{A}_s) poloviční roztoče zubů rotoru (\mathcal{A}_r) a platí tedy pro kmitočet též

$$n = \frac{1}{2}v/\mathcal{A}_s.$$

Za horní mez obvodové rychlosti možno dnes považovati $v = 300$ m za sec; roztoč $\mathcal{A}_s = 1.5$ mm strojů Alexandersonových nedá se jistě též valně snížit, neboť na délku tuto musí se stěsnati: šířka zubu, izolace, vodič a opět izolace. Z čísel těchto vychází jako dnes dosažitelné maximum základního kmitočtu 100.000, jež dávají též stroje Alexandersonovy. Při méně výhodné konstrukci, kdyby se totiž počet zubů rotoru volil rovný počtu zubů pólových, bylo by možno dosáti základního kmitočtu dvojnásobného.

Nehledíme-li tedy k nepřekročitelné obvodové rychlosti v , jest horní mez kmitočtu omezena dimensemi, jež vyžaduje praktické provedení *ovinutého* zubu. V tomto bodě však nepovažují úvahu onu za správnou, nýbrž dle mého soudu rozhoduje na jedné straně obvodová rychlost, na straně druhé však *vzduchová mezera mezi rotorem a statorem*.

Nebudu se pouštět do bližších úvah o tom, jak daleko *prakticky* dala by se posunutí mez maximálního kmitočtu nahrazením staré podmínky touto novou, nýbrž chci jen ukázat, že jsou možny konstrukce*), při nichž rozhoduje o maximálním kmitočtu mnou udaná podmínka.

Každý ovinutý zub, třeba stroje Arcova, budiž rozdělen ještě na zoubky (viz obr. 4 c), při čemž vzduchová mezera mezi krajními zoubky sousedních zubů budiž rovna celé roztoči zoubků (t. j. rovna šířce jednoho zoubku + mezery). Rotor opatřen budiž pouze zoubky o téže roztoči jakou mají zoubky zubů. Stojí-li pak zoubky zubů 1, 3, 5 proti zoubkům rotoru, stojí zoubky zubů 2, 4, 6 proti mezerám mezi zoubky rotoru. To znamená však, že magnetický odpor mezi zuby 1, 3, 5 a rotorem je menší než mezi zuby 2, 4, 6 . . . a rotorem a jest tedy magnetická indukce v zubech 1, 3, 5 . . . větší než v zubech 2, 4, 6 . . . Při otočení rotoru o půl roztoče zoubků se poměry

*) Patří sem též konstrukce užívající znásobeného kmitočtu základního, jež jsme však z důvodů malé výkonnosti shledali nevhodnými. Dodatečně našel jsem myšlenku dále rozvinutou patentovanou Guy-em (Něm. pat. 143630).

vymění, a proběhne tedy v zubech magnetická indukce celou periodu při otočení rotoru o roztoč zoubku. Kmitočet proudu jest tedy dán podílem obvodové rychlosti rotoru a roztoče zoubku. Úkolem zoubků (jež nejsou jednotlivě ovinuty!) jest: dělití indukční tok (magnetisační cívky), dle okamžité police rotoru, nestejněměrně mezi sousední zuby. Rozhoduje tedy o velikosti zoubků jen velikost vzduchové mezery, měřená právě mezi zoubky zubů a rotoru, neboť zoubky musí proti mezeře této býti zvoleny tak veliké, aby magnetický odpor při postavení zoubků proti zoubkům a zoubků proti mezerám se dostatečně změnil.

Kdybychom tedy ku př. při obvyklé konstrukci Arcové opatři-li každý zub třemi zoubky, byla by roztoč jich $\frac{7}{2}x$ menší zubu, kmitočet by se zvýšil 7krát. (Poněvadž původní roztoč je asi 5 mm, byla by roztoč zoubků 1.4 mm tedy jistě několikrát větší vzduchové mezery.) S touto změnou konstrukce souvisely by ovšem i jisté nevýhody. Tak ku př. nezůstávala by indukce v zoubcích (a přilehlých částech) rotoru konstantní, rotor nemohl by býti z jediného kusu.

Značí-li k číslo, kolikrát má býti roztoč zubu dělicího magnetický tok větší než vzduchová mezera δ , pak je maximální dosažitelný kmitočet n dán dle nové podmínky:

$$n = \frac{1}{k} \frac{v}{\delta}$$

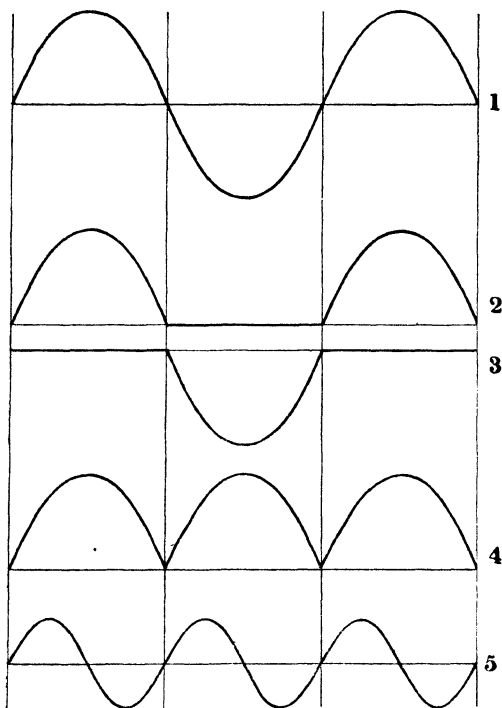
při čemž číslo k bude záviseti od toho, jakou výkonnost má stroj míti. —

Ačkoliv, jak bylo řečeno, dosavadní snahy nedaly zvláště uspokojivý výsledek, bylo by předčasno souditi, že právě nejvhodnější způsob výroby oscillací, totiž přímo strojem, nepovede konečně k dobrým výsledkům a to jak pro velké tak i menší stanice.

Obraťme se nyní k druhé části thematic, t. j. ku zvyšování kmitočtu oscillací strojem získaných. Stroje k účelu tomu použité jsou buď v klidu, aneb zvyšování souvisí opět s pohybem. Dle toho rozdělíme metody na statické a kinetické.

A) Metody statické. Popsány jsou od jednodušších ku složitějším, bez ohledu na časový postup jich nalezení. Odvození jich společného principu ponecháno na konec.

I. Užití usměrňovačů. Daný střídavý proud rozdělme ve dvě větve (*a*, *b*) jak naznačeno na obr. 6. Do každé větve zařazen je usměrňovač *U* (Graetzův článek *Al*, *Pb* v roztoku ku př. fosforečnanu amoniatého) a to tak, aby každou větví propouštěn byl proud jiného směru. V každé větvi je jedno vinutí transfor-

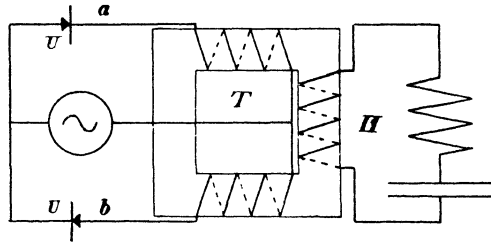


Obr. 5.

matoru *T* tak připojeno, že bez usměrňovačů by se jich magnetický účinek rušil.

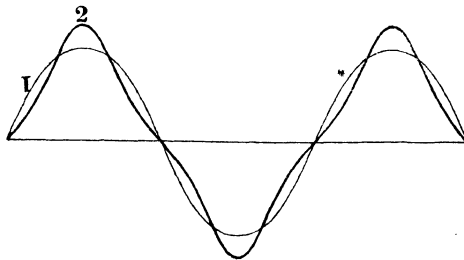
Je-li časový průběh proudové intenzity bez usměrňovače dán křivkou 1 obr. 5., byl by, v ideálním případě, s usměrňovači ve větvi *a*) dán křivkou 2, ve větvi *b*) křivkou 3. Magnetická indukce v transformatoru pak (vzhledem k tomu, že vinutí větví působí proti sobě) by měla časový průběh daný křivkou 4. Ve skutečnosti budou ovšem skutečné průběhy značně se lišit od

vyznačených schemat, avšak skutečný průběh magnetické indukce jistě bude souhlasit s křivkou 4 potud, že základní perioda jeho bude poloviční proti periodě původního proudu. Bude tedy mít elektromotorická síla indukovaná v sekundárním kruhu II. dvojnásobný kmitočet. Sladěním tohoto kruhu (samoinдукcí a kapacitou)



Obr. 6.

obdržíme v něm sinusový proud (obr. 5. křivka 5.) o dvojnásobném kmitočtu proudu původního. Obdobným zařízením bylo by možno kmitočet takto získaného proudu zase zdvojnásobiti.



Obr. 7.

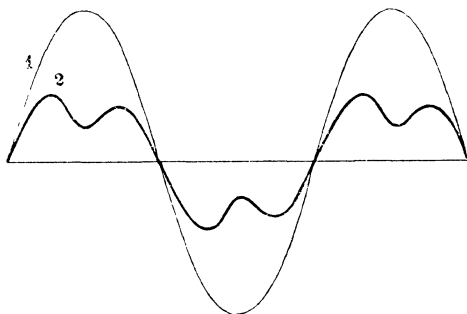
Myšlenka užití usměrňovače ku zvyšování kmitočtu pochází od *Zennecka* ⁷⁾. Pro malou dosavadní výkonnost se metody této prakticky neuzívá, ač se k ní vztahuje několik patentů.

II. Užití elektrického oblouku. Původní proud sinusového průběhu deformuje se vřaděním elektrického oblouku do proudvodu způsobem naznačeným obr. 7., t. j. ku proudu kmitočtu

⁷⁾ *J. Zenneck*: Wied. Ann. 69. 858. 1899, Phys. Ztsch. 14. 535. 1913.
H. Shoemaker a *H. C. Snook*, Sev.-amer. patent 736.884.

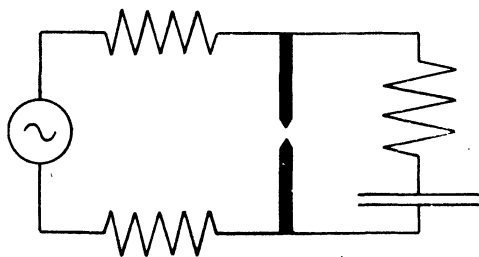
základního přistoupí intenzivní komponenta kmitočtu trojnásobného. Deformace tato souvisí s klesající charakteristikou elektrického oblouku.

Ještě nápadněji však, než v intenzitě proudu obloukem procházejícího vystoupí komponenta o trojnásobném kmitočtu v elmento-



Obr. 8.

rické síle na pólech oblouku. Značí-li na obr. 8 křivka slabě vytažená časový průběh elektromotorické síly zdroje, pak průběh elektromotorické síly na pólech oblouku má tvar křivky silně



Obr. 9.

vytažené. Připojíme-li tedy k polům kruh sladěný na trojnásobný kmitočet, obdržíme v něm intenzivní proud tohoto kmitočtu. Viz obr. 9. Mezi zdroj a oblouk je výhodno vepnouti cívky o značné samoindukci (neprávem zvané tlumící cívky).

Také metoda s použitím oblouku pochází od *Zennecka*⁸⁾, avšak ani této pro malou výkonnost se prakticky neužívá.

III. Užití magnetických vlastností železa. Magnetická indukce v železe roste s rostoucí intenzitou magnetisujícího proudu s počátku zvolna, pak rychle a když dosáhla značných hodnot (nad 10.000 Gauss), zase velmi zvolna. Této vlastnosti železa dá se dvojnásobným způsobem užití ku zvýšení kmitočtu:

a) Uzavřené jádro železné (z transformatorových plechů) budiž ovinuto dvěma cívkami. Jednou nechť prochází proud stejnosměrný, druhou daný střídavý. Intensity jich buďtež zvoleny tak, aby:

1. počet amperzávitů cívky s proudem střídavým byl pro jeho maximální hodnotu též neb málo menší než cívky s proudem stejnosměrným.

2. počet amperzávitů (na 1 cm délky indukční čáry) byl tak veliký, aby indukce magnetická dostoupila hodnoty, kde ji již zvolna přibývá (kol 10.000).

Působením obou proudů vznikne v železe táž magnetická indukce, jako by jádro ovinuto bylo jedinou cívkou, jíž by probíhal proud střídavý, jehož intenzita však nikdy nezmění znamení. (Obr. 10., křivka 1.) S ohledem na podmínku 2 (1. j. značnou maximální indukci) bude časový průběh magnetické indukce míti průběh křivky 2.

Užijme ještě druhého shodného jádra železného (II obr. 11) a spojení, jak ukazuje tento výkres. Časový průběh proudů probíhajících jeho cívkami je pak dán křivkou 1* obr. 10. a průběh magnetické indukce křivkou 2*.

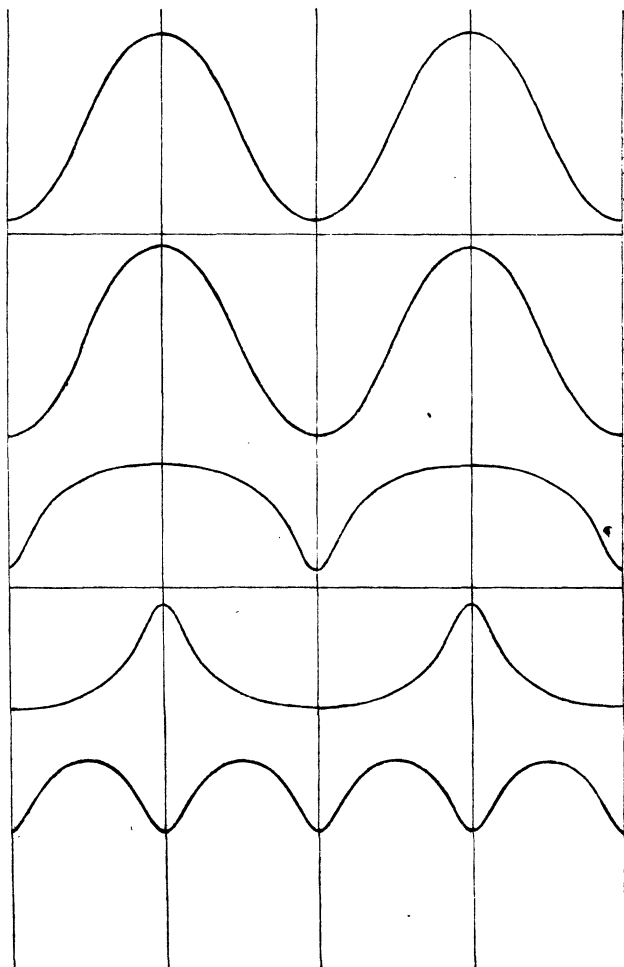
Spojíme-li shodné sekundární cívky transformátorů proti sobě, jak vyznačeno na obr. 11., závisí elektromotorická síla indukovaná od změny rozdílu magnetických toků v obou transformátorech, jenž bude míti časový průběh shodný s průběhem rozdílu magnetických indukcí v obou transformátorech. Průběh tohoto rozdílu znázorňuje křivka 3 (obr. 10.) a jeho časová změna,

⁸⁾ *J. Zenneck: Phys. Ztsch. 13. 953. 1912.*

H. Rikop a J. Zenneck, Phys. Ztsch. 15. 145. 1914.

A. Sommerfeld. Jbrb. d. draht. Tel. 10. 201. 1915.

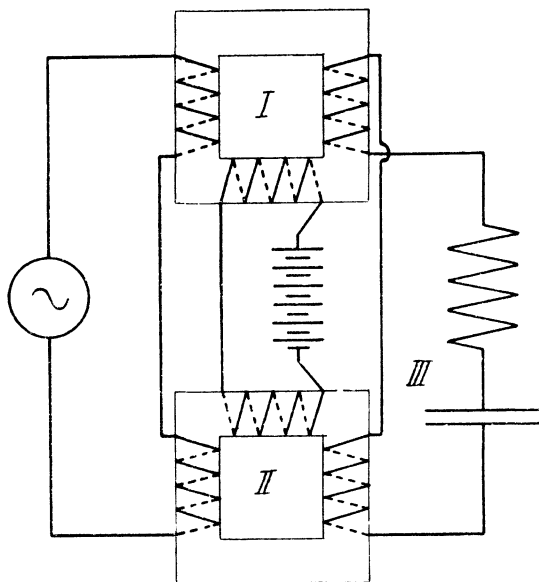
t. j. tedy průběh elektromotorické síly v sekundárním kruhu III má tedy kmitočet dvojnásobný původního. Sladěním kruhu III



Obr. 10.

docílí se v něm proudu čistě sinusového, jehož kmitočet dalším obdobným zařízením může být zase zdvojnásoben.

Myšlenka zdvojnásobení kmitočtu tímto způsobem pochází od *Epsteina*⁹⁾, pro vysoké kmitočty užita však poprvé *Jolyem*¹⁰⁾. Prakticky užívá jí „Allgemeine Gesellschaft für drahtlose Telegraphie“ (Telefunken). Při tom sladěn jest samoindukcí a kapacitou již i kruh prvý (proud přímo ze stroje) na kmitočet základní,



Obr. 11.

kruh sekundární na kmitočet dvojnásobný a terciární na čtyřnásobný. Za kapacitu užita v posledním kruhu přímo antena.

Obr. 11. znázorňuje nejnázornější seskupení použitých dvou transformátorů. Dá se jich však najíti řada, mezi nimiž jmenovitě jednoduchým je uspořádání ve formě Wheatstoneova rozdělení proudu.

b) Magnetických vlastností železa možno užití též ku *ztrojnásobení* daného kmitočtu a to takto: Primární cívka (proté-

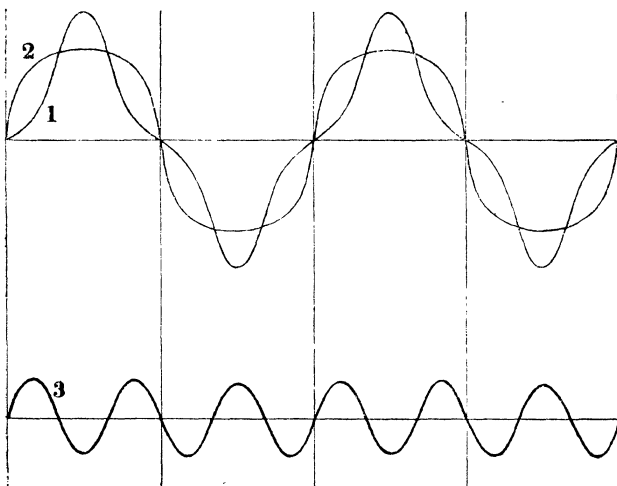
⁹⁾ *Lahmeyer-Werke (Epstein)*: Německý patent 149. 761.

¹⁰⁾ *M. Joly*. C. R. 152. 699. 1911. Francouzský patent 418909.

Wallauri E. T. Z. 32. 988. 1911. Italský patent z r. 1911.

L. Dreyfus. Archiv f. Elektrotechnik 2. 343. 1914. Jhrb. f. draht. Tel. 10. 244. 1916.

kaná daným proudem) měž na transformatoru I málo závitů, (viz obr. 13.), na II několikráté více, a sice tolik, aby magnetická indukce v I transformatoru zůstala při maximu proudu nízko, v místě kde rychle roste (tedy na počátku magnetisační křivky), v II transformatoru naproti tomu necht indukce dostoupí hodnot značně vysokých, kde jí jen nepatrně přibývá. Pak bude časový průběh magnetické indukce v transformatoru I dán křivkou 1



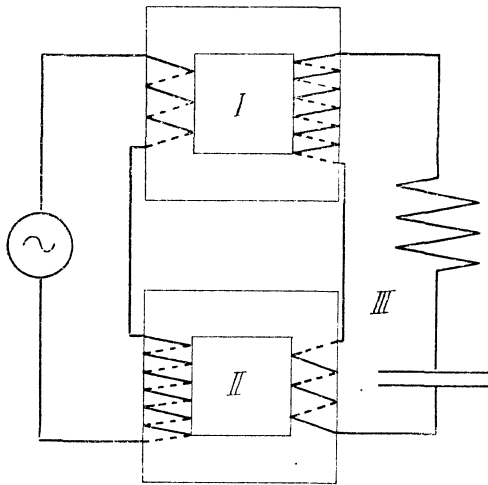
Obr. 12.

obr. 12., časový průběh indukce v transformatoru II křivkou 2 (při čemž pro ordináty této křivky platí jiné měřítko než křivky I).

Elektromotorická síla v sekundárních cívkách transformatorů bude dána časovou změnou magnetických toků Φ_1 a Φ_2 v nich. Cívka tato na transformatoru I měž nyní zase několikráté více závitů (n_1) než na transformatoru II (n_2) a buďtež spojeny proti sobě. Pak je výsledná elektromotorická síla dána časovou změnou výrazu $(n_1 \Phi_1 - n_2 \Phi_2)$. Při vhodné volbě poměru $\frac{n_1}{n_2}$ bude mítí rozdíl tento časový průběh daný křivkou 3 (jež vznikla jako rozdíl křivky 2 a křivky 1). Bude tedy mítí elektromotorická síla v sekundárním kruhu kmitočet trojnásobný původního. Sladěním kruhu tohoto na onen kmitočet obdržíme v něm čistý sinusový proud.

Myslenka této metody pochází od *Joly-ho*. Prakticky se však neužívá.

Hledáme-li *společný znak* všech statických method pro zvýšení kmitočtu, najdeme, že při všech zvýšeních kmitočtu souvisí s deformací časového průběhu intensity, jež by jinak byl sinusový. S toho principiálního hlediska jsou všechny metody statické shodny z dříve zmíněnými, jež hledí získati proud nesinusový hned ve stroji a využití vyššího kmitočtu. Praktická cena



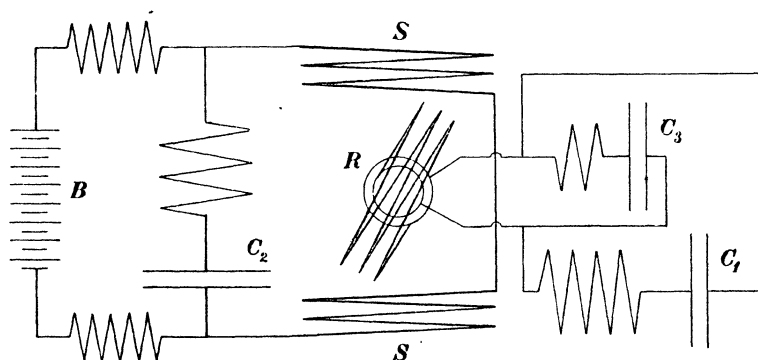
Obr. 13.

statických method spočívá však v menších ztrátách. Nejeekonomičtější jest metoda užívající velké indukce v železe, a proto i prakticky upotřebena.

V souhlase s udaným principem je možno každého zařízení, jež deformuje proudový průběh užítí ku získání vyšších kmitočtů. Tak kovových lampiček žárových, vodičů krystalických (nesledujících zákon Ohmův) atd. Obecněji dá se ještě říci, že ku zvýšení kmitočtu dá se užítí každého zařízení, jehož charakteristika pro sinusově proměnnou intenzitu proudovou není obecně ellipsou.

B. Methody kinetické. Methodami kinetickými ku zvýšení kmitočtu proudu rozuměti jest dle předešlého ony, při nichž zvýšení souvisí s pohybem zařízení kmitočtet zvyšujícího. Jedná se vlastně doposud o jedinou metodu Goldschmidtovu.

Základní myšlenka metody této vysvitne z následujícího: Při obyčejném stroji pro střídavý proud vchází do elektromagnetů proud stejnosměrný t. j. o kmitočtu 0, z induktoru obdržíme proud střídavý o kmitočtu $n = p \cdot \nu$, značí-li p počet pólpárů a ν počet otoček. Proudem tímto budtež magnetovány póly dalšího alternátoru shodné konstrukce o téměř počtu obrátek. Z induktoru tohoto obdržíme pak proud dvojnásobného kmitočtu, připojením dalšího alternátoru proud trojnásobného kmitočtu atd. Výsledný efekt takto za sebou spojených strojů byl by však velmi nepatrný a to následkem zpětného působení induktoru



Obr. 14.

na magnety, nehledíme-li i k tomu, že při vysokém kmitočtu činilo by obtíže dosáti takového vinutí, aby jeho samoindukce nebyla příliš velikou, a následkem toho intenzita magnetisujících proudů nepatrná. Obojí odstraní se tím způsobem, že každý z kruhů sladil by se kapacitou a případně i další samoindukcí na kmitočet proudu, jenž jím má procházeti. Tím zabrání se vzniku proudů zpětným působením induktorů vznikajících a zvýší se intenzita vlastního proudu.¹¹⁾

Při stroji Goldschmidtově¹²⁾ spojeno je několik těchto strojů ve stroj jediný. Schema stroje dává obr. 14. Póly statoru S

¹¹⁾ K. Cohen. Electrical World 1908. p. 345.

¹²⁾ R. Goldschmidt. Jhrb. f. drahtl. Tel. 4. 341. 1911.

B. Macků. Jahrbuch > > > 5. 5. 1912.

L. Kühn. > > > 9. 321. 1914.

magnetovány jsou stejnosměrným proudem z baterie B . V rotoru R vzniká při rotaci proud kmitočtu n ; na kmitočet tento naladěn je rotor kapacitou C_1 . Proud tento magnetuje rotor a následkem jeho rotace vzniká ve statoru proud kmitočtu $2n$; stator na tento proud naladěn je kapacitou C_2 . Aby to bylo možno, musí do vedení k baterii býti vepnuty cívky o značné samoindukci. Následkem magnetisace statoru tímto proudem vzniká v rotoru proud kmitočtu $3n$. I na tento kmitočet je rotor naladěn a to kapacitou C_3 . Je patrné, že by se mohlo v postupu pokračovati. Ovšem ne příliš daleko, neboť výkonnosti stroje s přibývajícím násobením kmitočtu zbývá. Poslední sladěný kruh obsahuje antenu.

Stroje Goldschmidtova užívá Společnost C. Lorenz a v posledních letech získala si právo na jeho užívání též anglická Marconiho společnost.

Posouzení výsledky method pro zvětšování kmitočtu (methoda „Telefunken“ a stroj Goldschmidtův) není dosti dobře možno, neboť nejsou veřejně známa bezpečná data o jejich výkonnosti, ač-li jsou vůbec známa. To co se uvádívá jsou pouhá sdělení více obchodní, jimž není možno dosti dobře přikládati větší důvěru, neboť nachází se mezi nimi data rozhodně nesprávná.

Tolik však možno s bezpečností tvrditi, že uvedené obě methody prakticky zcela dobře se osvědčily. S druhé strany však nesmí se přehlížeti, že v obou případech jedná se o zařízení, proti stroji, jimž přímo možno dosáti dostatečného kmitočtu, značně komplikovaná, a ani ne tak v pohonu jako v pořízení jich velmi drahá.

Na konec zbývá nám ještě promluvit o tom, jak se udrží kmitočet konstantní.

Kdyby energie strojem oscilačním za sekundu spotřebovaná (včetně energie vyzářené) zůstávala stále konstantní a podobně i energie dodávaná (hnacím strojem) zůstával by počet otoček stroje a tím i kmitočet konstantní. Ve skutečnosti nastávají tu dvojí změny:

1. Samočinné: změnou mechanického tření, změnou teploty vodičů a železa, variací napětí v síti, z níž se soustrojí pohání atd.

2. Změny souvisí s telegrafováním samotným. Telegrafuje-li se, vyzaruje se energie a tedy spotřeba energie je větší. Avšak ani během telegrafování samotného není spotřeba na krátkou jednotku časovou připadající stále konstantní, řídící se dle toho, zda jde za sebou průměrem více čar než teček či naopak.

Zabrániti hrubým změnám počtu obrátek oscillačního stroje je možno regulací hnacího stroje, ať se tak již děje tím, kdo stroj obsluhuje aneb automaticky. Girardeau¹³⁾ dal si k tomu účelu patentovati elektromagnetický ventil, jenž reguluje přítok spalné látky do výbušného motoru stroje pohánějícího. Firma *Lorenz*¹⁴⁾ užívá zase dvou oscillačních kruhů o kmitočtech, mezi nimiž leží žádaný. S proudy v těchto kruzích souvisí případná změna odporu regulujícího přítok proudu do hnacího motoru. Zařízení taková ovšem nemohou regulovati změny malé a časově rychle probíhající; nevykonají více než by se dalo provést přímo ručně.

Nejméně pravidelné a časově rychlé změny nastávají právě telegrafováním samotným. K odstranění jich má Telefunken¹⁵⁾ patentován takový způsob telegrafování, že v přestávkách je na stroj připojen systém ekvivalentní anteně (kmitočtem i útlumem) avšak nezářící (všechna energie mění se v něm jen v teplo), tak že spotřeba stroje oscillačního udržuje se až na samočinné změny konstantní.

Zajímavo je, že kdežto někdy udává se udržení konstantního kmitočtu jakožto nejobtížnější problem strojové výroby — uvedená zařízení k tomu nestačí — na druhé straně kmitočet strojů Telefunken udržuje se nápadně konstantním, mnohem lépe než by se očekávalo (poháněn je obyčejným třífázovým motorem na síť připojeným), ač není užito žádné regulace. Pravdě podobně provádí se tu regulace sama způsobem, jež jsem uvedl v pojednání „O udržení konstantních obrátek strojů,“¹⁶⁾ k čemuž je jen potřeba, aby stroj sám representoval oscillační system mírně tlumený a aby jeho vlastní kmitočet byl poněkud větší než kmitočet proudu.

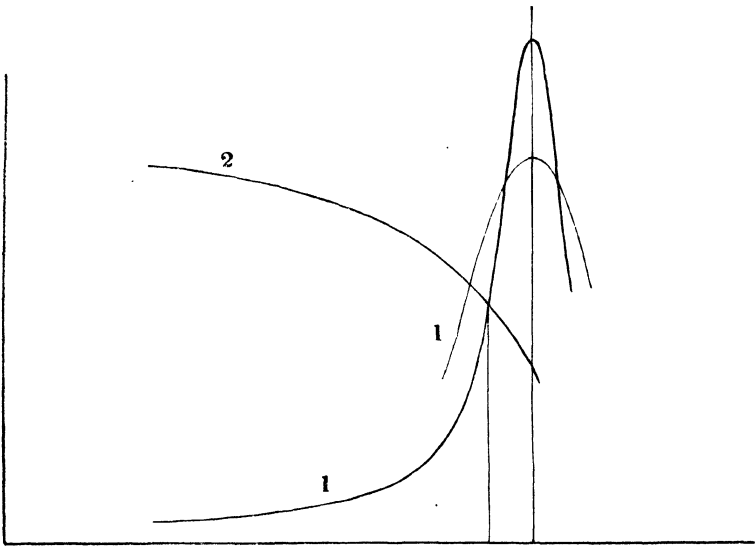
¹³⁾ *R. Girardeau*. Francouzský patent 441318.

¹⁴⁾ *Fma. C. Lorenz*. Německý patent 247264.

¹⁵⁾ *Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft*. Německý patent 267948.

¹⁶⁾ *B. Macků*, Rozpravy Akademie 23. čís. 6. 1914.

Závislost energie oscillačním strojem za sekundu spotřebované na kmitočtu proudu (a tedy i počtu otoček strojem) je dána křivkou tvaru 1 obr. 15., jež je tím strmější, čím méně je system tlumen. Naproti tomu energie dodaná strojem hnacím je dána křivkou tvaru 2. Souřadnice průsečce obou křivek dává kmitočet získaného proudu. Je-li křivka 1 dostatečně strmá, pak i několika-percentové změny v energii spotřebované neb dodané, jeví se



Obr. 15.

odpovídajícím posunutím křivek 1 neb 2 směrem nahoru či dolů, mají za následek jen nepatrnou změnu kmitočtu, neboť průsečík posune se jen nepatrně směrem osy souřadnic. Křivka 1 nechť platí, když se netelegrafuje. Při telegrafování útlum se zvětší (energie se též vyzařuje) a platí tedy nyní ku př. křivka 1*. Její průsečík s 2 je však značně posunut, což znamená, že telegrafováním (bez užití dříve zmíněného zařízení) nastati by mohla značná změna ve kmitočtu.

Přehledné stati:

- J. Zenneck*, Elektromagnetische Schwingungen u. drahtlose Telegraphie 1905. Lehrbuch d. drahtlosen Telegraphie, 2 vyd. 1913.
- J. A. Fleming*, The Principles of Electric Wave Telegraphy and Telephony 1910.
- W. Duddell*, Philosophical Magazine, 9. 299. 1905.
(Eichhorn) Jahrb. f. drahtl. Tel. 6. 371. 1912.
- G. v. Arco*, Jahrb. d. drahtl. Tel. 7 90. 1913.
- J. Zenneck*, Jahrb. d. draht. Tel. 7, 412, 1913.
- F. Kock*, Helios 1913 (zvláštní otisk).
- B. Glatzel*, Helios 1913 (zvláštní otisk).

Technická matematika.

Ing. Vladimír List.

Úkolem techniky jest vzdělat posluchače vědecko-odborně a hospodářsky-sociálně tak, aby byli s to zaujmouti vůdčí místa v průmyslu, veřejných podnikách, veřejné správě a technické vědě. Časová bilance ukazuje, že inženýr vstupuje do praxe v 23—26 letech, kde se setká s vrstevníkem, jenž vyšel z odborné školy v 18—19 letech, a prokousav se mlád prvými těžkými začátky praxe, zapracoval se v jednom oboru, kde má pro ten okamžik rozhodnou převahu nad nováčkem. Povážíme-li, že pro praktický život jest nejdůležitější energie a pevný charakter, jak dobře píše ing. St. Špaček,*) že inženýr se musí stále učit i v praxi, přijdeme k přesvědčení, že netřeba prodlužovat studia na technice, ani přetěžovat posluchače. Právě naopak musí býti snahou, aby většina dostudovala v předepsaný čas a při tom získala času na sport, všeobecné a společenské vzdělání tak, aby přišla do praxe s podnikavostí a chutí k životu v 22—24 letech.

Jen v této souvislosti doceníme americký systém spořicí časem. Zdá se, že to vede ke snížení úrovně. Třeba však připomenouti, že prakticky není třeba, aby každý student byl vzdělán v celém rozsahu svého oboru úplně hluboce, ale že stačí dokonalé prohloubení některých částí. Tím osvojí si posluchač vědecko-hospodářskou inženýrskou metodu a dovede jí užití kdekoli. Talent učitelův a speciální profesury zabrání vždy snížení úrovně. Tomu zabrání i úsporné vyučování užívající všech prostředků podporujících názor, paměť a pochopení, a knih místo holých přednášek.

Technikám nastávají však nové úkoly, jednak seznámiti inženýry po letech praxe s novými pokroky ve speciálních kursech, jednak

*) Národohospodářský Obzor 1916.