

Martin Boháč<sup>1</sup>

## Historie napájecího jednofázového systému 50 Hz v Československu a ve světě ve čtyřicátých a padesátých letech 20. století pohledem dobových odborných textů

(druhý díl)

**Klíčová slova:** elektrizace železnic, vývoj proudových systémů, jednofázový proud průmyslového kmitočtu, turbínová lokomotiva TL 659.0, konsorcium 50 c/s Group, SÚDOP

**Keywords:** electrification of railways, development of current systems, single-phase current of industrial frequency, turbine locomotive, consortium 50 c/s Group, SÚDOP

**Anotace:** Po druhé světové válce se jednofázový proud průmyslového kmitočtu stal celosvětově nejvíce rozvíjeným napájecím systémem na železnici na celém světě, počínaje Novým Zélandem přes Asii, Evropu až po Spojené státy. Nechybělo mnoho, a i v Československu se stal dominujícím systémem. K tomu však jak známo z různých důvodů nedošlo.

**Abstract:** After World War II, industrial frequency single-phase current became the most developed power system for railways worldwide, from New Zealand through Asia, Europe to the United States. There wasn't much missing, and it became the dominant system in Czechoslovakia as well. However, as is known, this did not happen for various reasons.

### Úvod

V první díle tohoto textu jsme popsali určitou prehistorii jednofázového systému 50 Hz na evropské a světové železnici. Po druhé světové válce bylo v odborné veřejnosti již jasné, že další elektrizace železniční dopravy půjde touto cestou – mimo jiné z důvodů svázání železnice se stále kapacitnějšími a robustnějšími veřejnými elektroenergetickými zdroji a sítěmi – přičemž ale stále zbývalo vyřešit několik zásadních problémů, v první řadě pohon hnacích vozidel. Jak byla tato úloha zvládnuta a jak byl systém 50 Hz postupně rozvíjen na světové a československé železnici v prvních zhruba patnácti poválečných letech se podíváme v následující, druhé a zároveň závěrečné části našeho textu.

### Další odborné texty, uveřejňované v československých tiskovinách

První díl jsme zakončili ukázkou článku z 3. čísla časopisu *Elektrotechnický obzor* z roku 1949, pojednávajícího o lokomotivě pro systém 50 Hz Co'Co' švýcarské firmy *Oerlikon*

---

<sup>1</sup> Martin Boháč. Absolvent Střední průmyslové školy dopravní v Praze, obor elektrická trakce. Po praxi v různých dopravních a logistických firmách (HOPI, DHL a další) pracuje od roku 2005 v Odboru podpory prodeje ČD Cargo. Ve volném čase se věnuje historii elektrické trakce na železnici v Československu

pro francouzské SNCF. Následně v čísle 13 stejného roku vyšla rozsáhlá práce, věnovaná systému 50 Hz v Maďarsku, s názvem **ELEKTRISACE DRAH PADESÁTIPERIODOVÝM PROUDEM JEDNOFÁZOVÝM**.

„Práce se skládá ze tří článků. Prvý jedná o theoretických základech elektrisačního systému Ganz-Kandó. Popsána jsou zařízení lokomotiv maďarských státních drah, hlavně měnič fází (jednofázový-trojfázový) a měnič kmitočtu. Jsou shrnuty technické důvody pro uvedený systém. Druhý článek obsahuje hospodářské úvahy o systému Ganz-Kandó. Srovnány jsou hlavně investiční náklady padesátiperiodového systému jednofázového a systému stejnosměrného s napětím 3000 V. Třetí článek navazuje informativně na předchozí dva články. Je podán krátce vývoj elektrické trakce s padesátiperiodovým proudem. Připojena je bibliografie o této trakci a o měničových lokomotivách.

Prof. L. VEREBÉLY, Budapešť:

### **Základy padesátiperiodového elektrisačního systému Ganz-Kandó**

(Překlad z německého textu.)

Technická tvorba je dnes ovládána směrnicí o plánovaném a racionálním hospodářství s energií, v němž je elektrisace v nejširším slova smyslu nevhodnějším a nepostradatelným prostředkem k systematické výstavbě velkorysého zásobování země energií. Jak technická, tak i finanční hospodárnost vyžaduje jednak dalekosáhlou centralisaci výroby proudu ve velkých elektrárnách, pracujících ekonomicky a plánovitě do společné zemské sítě vysokého napětí za účelem lepšího využití a vzájemné výpomoci, jednak shrnutí pokud možno mnohých heterogenních kategorií spotřebitelů k utvoření příznivých poměrů zátěžových.

S tohoto hlediska nabývá systémová otázka dráhové elektrisace významu velmi podstatného a ne dosti oceněného, ač jde o charakteristický příznak velkého konsumenta. Nestačí dnes již zkoumati elektrisační systém pouze jednostranně se stanoviska čistě železničně technického. Naopak je nutné přihlížeti s náležitou závažností k zájmům jak systematického hospodářství energií, tak i všeobecného národního hospodářství vůbec.

Tyto zájmy vyžadují, aby elektrisované dráhy se vzdaly svého dosud zvláštního stanoviska ve věci druhu proudu a zařadily se jako velcí odběratelé, obdaření co nejžádoucnějšími vlastnostmi, bezvýhradně do všeobecného hospodářství s elektrickou energií.

Z této úvahy vychází logicky, že za nejsprávnější řešení systému lze považovati takový systém, který nejen odpovídá všem železničně technickým požadavkům, ale který nevyžaduje výrobu, případně změnu, a přenos dráhového proudu, nýbrž umožňuje přímé napájení traťových vedení střídavým proudem o normální, t. j. padesátiperiodové frekvenci ze všeobecné národní energetické sítě.

Na velké výhody plynoucí z tohoto systematického zařazení elektrického dráhového provozu do všeobecného hospodářství elektřinou, poukázal podle mé paměti nejprve v roce 1912 známý americký odborník S. Insull a o čtyři roky později velmi důrazně Dr W. Boveri při diskusi o elektrisaci švýcarských spolkových drah. Posléze uvedený konstatoval, že výlučná výroba jen jednoho druhu proudu v elektrárnách, zásobujících i dráhy, je kardinální podmínkou pro hospodárnost elektrického dráhového provozu. Tehdy však, a ještě po dlouhou dobu potom, nebyl vyřešen takový systém, který by umožnil elektrisaci drah v tomto smyslu.

Vyslovený názor byl však od té doby sdílen mnohými energetickými hospodáři. Na první konferenci o světové energii v roce 1924 v Londýně, prohlásili vynikající angličtí a američtí odborníci, jako C. H. Merz a W. S. Murray, bezprostřední přípoj elektrické dráhy na všeobecnou energetickou síť za podstatný požadavek k racionálnímu vytvoření velkorysého elektrického rozvodního systému, t. zv. Super-power systém.

Též na posledním dílčím zasedání světové konference o energii v Haagu v roce 1947 byl velký zájem o padesátiperiodový systém dráhový, a to pozoruhodně od země, v které dráhový systém stejnosměrného proudu vysokého napětí je v rozsáhlé míře použit. Podle Bulletin de l'Association internationale, du Congrès des chemins de fer z prvního září 1947, přichází A. Gache k závěru, že jediný systém, kterému lze dáti přednost před systémem se stejnosměrným proudem 1500 V, jak je ve Francii používán, je padesátiperiodový systém jednofázový. Zdá se, že sen, který inženýři dříve nedovedli uskutečnit, lze nyní realizovat díky pokusům Kandó-ovým v Maďarsku a pokusům na dráze Höllenthalbahn. Máme-li v budoucnosti elektrizovat trati se střední dopravou, avšak s obtížnými poměry trakčními, měli bychom uvažovat o padesátiperiodovém systému jednofázovém. Že zájem francouzských odborníků nezůstal jen theoretickým, dovidáme se z článku šéf-inženýra elektrisačního oddělení M. Garreau v Revue Générale de l'Electricité, Juillet 1948, str. 271, podle kterého objednaly francouzské dráhy tři padesátiperiodové jednofázové zkušební lokomotivy. Toto rozhodnutí Francouzů, průkopníků stejnosměrné trakce v Evropě, dokazuje zřetelně, že stejnosměrný systém, jinak způsobitý pro silně zatížené hlavní tratě, omezuje ekonomicky jednotnou elektrizaci, o kterou se bezesporu má usilovat. Z tohoto přesvědčení, vyplývajícího z vlastní zkušenosti, začínají nyní ve Francii zkoušet to, což jsme v Maďarsku učinili již před čtvrtstoletím a umožnili vyvinouti systém, který nejen všem technickým požadavkům plně odpovídá, ale který dokázal, že je jediným, který v naší zemi (v Maďarsku) umožňuje elektrizaci drah s hlediska hospodárnosti. Že odpovídá plně všem technickým požadavkům, plyne z toho, že je použit již 16 let na nejdůležitější hlavní trati maďarských státních drah v rychlíkové dopravě s vlaky o váze 600 t a rychlostí 100 km/hod. a v nákladní dopravě s uhlíkovými vlaky o váze 1400 t a rychlosti 50 km/hod. Základy použitého padesátiperiodového systému s fázovým měničem, jak jej Dr h. c. Kandó v roce 1917 vytvořil, opírají se o požadavky, které klade jednak hospodárnost dráhového provozu, jednak bez- poruchové zásobení země energií, na které je elektrizovaná dráha přímo připojena jako velký odběratel proudu.

Pohlíží-li se na lokomotivy s hlediska dráhového provozu, je třeba snažit se o to, dosáhnouti maximálního výkonu, který je ještě hospodářsky a provozně bezpečně dosažitelný, při dané váze a daných rozměrech. V tomto vztahu je velmi důležitá účinnost, a to ne snad pro několik málo procent, jichž možno ušetřit v specifické spotřebě energie, jako hlavně proto, že lze tím výkonnost motoru podstatně zvýšit. Výkon, jež lze umístiti do určitého prostoru, závisí v první řadě od množství tepla, které nutno odvést, aby nebyla překročena ještě přípustná teplota. Množství tepla je úměrné elektrickým a magnetickým ztrátám, které samy o sobě určují účinnost. Proto lze zvýšením účinnosti o několik málo procent přispět dosti podstatně k větší specifické výkonnosti, t. j. k menší váze motoru.“

Zde následoval rozsáhlý a velmi detailní popis lokomotivy Kandó řady V 40 MÁV, který vynecháváme, a dále pak:

„Obsluha lokomotivy je velmi jednoduchá. Na každém stanovišti jsou dvě páčky, jedna k nastavování žádoucího stupně rychlosti, druhá k urychlování, případně k nastavování žádoucího stupně příkonu. K rozjezdu dá strojvůdce rychlostní páčku na první stupeň, zatáhne

za urychlovací páčku, až je dosažen žádoucí příkon a vše ostatní ponechá pak automatickému řízení. Lokomotiva se rozjede, urychluje vlak a dosáhne rychlost prvního stupně, aniž by byl nastavený příkon překročen. Pak postaví strojvůdce rychlostní páčku na druhý stupeň a zatáhne znovu za páčku urychlovací. Lokomotiva urychluje dále, až dosáhne rychlost druhého stupně. Takto se pokračuje, až k dosažení nejvyšší dovolené nebo potřebné rychlosti, potom se ponechá lokomotiva sama sobě. Jede-li vlak po spádu, započne automaticky rekuperace energie při rychlosti prakticky stále nižší než by strojvůdce potřeboval co podnikati, tak jak je tomu všeobecně u všech trojfázových lokomotiv. Vlak se opírá o lokomotivu. Lze též odbrzditi vlak od dosaženého stupně rychlosti na nejbližší nižší tím, že se rychlostní páčka po- staví na tento nižší stupeň, a že se zatáhne za urychlovací páčku jako při rozjezdu. Při rekuperaci udržuje automatické řízení účinník zrovna tak na konstantní hodnotě, jako při jízdě proudem.

Je zde třeba zdůrazniti, že charakteristická vlastnost společná všem lokomotivám s trojfázovými motory, že se jezdí na tvrdých rychlostních stupních, vlastnost, která při diskusích se často vytýká jako nevýhoda, je naopak od provozních odborníků považována za podstatnou výhodu. Zajišťuje totiž, že jízdní časy jsou podle jízdního řádu přesně dodržovány docela nezávisle na pozornosti a zručnosti strojvůdce, na povětrnostních poměrech a na zátěži vlaků. Poněvadž každý jízdní řád je sestaven s určitými časovými rezervami, mohou být dohnána případná zpoždění ve stanicích. Stává se často, že mezinárodní vlaky, přijíždějící na maďarské hranice zpožděně, dojíždějí, díky elektrickým lokomotivám, včas do Budapešti. Spolehlivá rychlost, nerušená náhodami, ulehčuje provoz a zvyšuje bezpečnost.

Nové lokomotivy, které se připravují, budou proti nynějším poněkud pozměněny, což lze oceniti jako další vývoj původního systému. Státní dráhy požadují výkon vyšší o 28% a rychlost větší o 25%, a při tom váhu zmenšenou o 10%. Tomu odpovídá:

hodinový výkon... 3200 ks oproti 2500 ks,  
max. rychlost ..... 125 km/h oproti 100 km/h,  
váha v provozu ... 85 t oproti 94 t.

Kromě toho má nová lokomotiva býti zrovna tak universální jako lokomotiva 1D1. Tyto úkoly mohou býti zvládnuty jen náhradou těžkého hlavního rámu podvozkovou konstrukcí Bo'Co'. Výkon musí pak býti rozdělen na menší jednotky, místo, aby byl soustředěn ve velkém hlavním motoru. Tím se dochází k individuálnímu pohonu os, jak je ho použito výlučně u všech nejnovějších lokomotiv jiných systémů.

U menších motorů není však dosti místa na přepínání počtu pólů a žádoucích rychlostních stupňů je třeba dosáhnouti jiným způsobem. Řešení se našlo v měniči period, spojeném s měničem fází a schopném dodávati trakčním motorům trojfázový proud o 25, 50, 75, 100 a 125 periodách.

V podstatě je měnič period trojfázový indukční stroj kroužkový, obvyklé stavby, jenž je napájen měničem fází padesátiperiodovým trojfázovým proudem, a který sám dodává trakčním motorům trojfázový proud o proměnných periodách. Trakční motory mohou býti řazeny stále paralelně. Uvedených pěti stupňů se dosáhne změnou řadění a změnou počtu pólů měniče period takto:

Čtyřpólový měnič fází pohání rotor měniče period – rotory obou strojů jsou spojeny spojkou – se synchronními otáčkami 1500. K docílení 25 period je statorové vinutí měniče period připojeno na trojfázové vinutí měniče fází. Statorové vinutí je dvoupólové a řaděno tak,

že se magnetické pole točí ve stejném směru jako rotor. Padesátiperiodový trojfázový proud vyvolává magnetické pole, točící se 3000 ot/min. Kdyby rotor byl v klidu, byl by v něm indukován padesátiperiodový proud. Jelikož se však rotor točí V stejném směru jako magnetické pole s 1500 ot/min, činí relativní jeho otáčky oproti poli jen

$$\Delta = 3000 - 1500 = 1500,$$

proto má proud indukovaný v rotoru počet period:

$$f = 1.1500/60 = 25.$$

Pro napájení trakčních motorů s 50 periodami je měnič period vypnut a proud je odebírán přímo z měniče fází. Pro vyšší počet period je připojeno vinutí, rotoru měniče period na trojfázové vinutí měniče fází. Vinutí je řaděno tak, že magnetické pole se točí ve stejném směru, jak se točí rotor. K docílení 75 period je řaděn měnič period dvoupólově. Kdyby rotor byl v klidu, pak by jeho pole, otáčející se 3000 ot/min, indukovalo v statorovém vinutí proud o 50 periodách. Poněvadž se však rotor sám točí ve stejném směru 1500 ot/min, je relativní počet otáček točivého magnetického pole k statoru:  $\Delta = 3000 + 1500 = 4500$ .

Z toho vyplývá počet period v dvoupólovém statoru:  $f = 1.4500/60 = 75$ .

K docílení 100 period je měnič period řaděn čtyřpólově. Magnetické pole se točí oproti rotoru 1500 ot/min, rotor sám se točí v stejném směru též 1500 ot/min, je proto vzájemný počet otáček mezi magnetickým polem a státorem:

$$\Delta = 1500 + 1500 = 3000.$$

Počet period indukovaného proudu je tedy:

$$f = 2.3000/60 = 100.$$

Konečně pro 125 period je měnič period řazen šestipólově. Magnetické pole se točí relativně k rotoru 1000 otáčkami za minutu a k statoru otáčkami:

$$\Delta = 1000 + 1500 = 2500.$$

Počet period indukovaného proudu je:

$$f = 3.2500/60 = 125.$$

Trakční motory jsou šestipólové, trojfázové, kroužkové motory obvyklé stavby pro svorkové napětí asi 1000 V; rotory jsou připojeny na desky vodního spouštěče. Pět různým počtům period a průměru hnacích kol odpovídá pět rychlostních stupňů 25, 50, 75, 100 a 125 km/hod. Motory mají jednoduchý převod ozubenými koly na nápravy a jsou zavěšeny tlapovými ložisky, což umožňuje jejich lehká váha 1,9 t. To zjednodušuje mechanickou konstrukci a nevzbuzuje obavu, že by neodpěrovaná váha působila nepříznivě na železniční svršek.

V ostatním jsou nové lokomotivy řešeny stejně jako nynější, ovšem s několika zjednodušeními a doplňky. Tak na příklad byl vypuštěn spouštěcí motor měniče fází, poněvadž tuto práci lze přenést na měnič period. V řízení bylo pero nahrazeno elektromagnetem.

*Mechanický pohon stykačů byl změněn na elektropneumatický, aby bylo možno spojití dvě lokomotivy v mnohonásobném řízení.*

*Aby se lépe mohl srovnati Kandó-ův systém s měničem fází s jinými systémy elektrisačními, jsou v závěru shrnuty všechny charakteristické znaky tohoto systému, a připomíná se, že uvedené vlastnosti nejsou jen theoretické, ale byly skutečně v šestnáctiletém provozu prokázány:*

*1. Automatickou regulací svorkového napětí trakčních motorů pracují tyto v široké mezi zátěže s přibližně konstantní a theoreticky největší účinností. Proto je i celková účinnost lokomotivní – až na první stupeň – prakticky konstantní a od využití výkonnosti lokomotivy nezávislá. Tato vlastnost je velmi pozoruhodná, nejen proto, že zvyšuje hospodárnost jednotlivé lokomotivy, ale i proto, že lze použítí jen jeden druh lokomotivy se stejně dobrým výsledkem pro nejrůznější provozní účely, což je velmi výhodné z provozně technického hlediska. Kandó-ův systém je pro vývoj universálních typů lokomotiv zvláště způsobilý.*

*2. Poněvadž proudový obvod trakčních motorů je od primárního proudového odvodu dalekosáhle nezávislý, lze stavět motory s velkým využitím aktivního materiálu. To vede při dané výkonnosti k lehkým motorům nebo při dané váze, k větší výkonnosti. Tato vlastnost se ukáže velmi příznivě zejména u nových lokomotiv s větším počtem motorů. Lze tím též alespoň částečně vyrovnati váhu měničového agregátu. Specifická výkonnost i dnešních lokomotiv se vyrovnává výkonnosti nejlepších lokomotiv jiných systémů ze stejné doby. Činí při trvalém výkonu 25,5 až 26,7 ks/t, případně 42,6-37,6 kg/ks. Nové lokomotivy jsou svou mechanickou konstrukcí a svými lehkými motory v tomto ohledu ještě příznivější a dosáhnou specifické výkonnosti 37,7 ks/t, případně 26,6 kg/ks, při rychlosti 100 km/hod a hodinovém výkonu.*

*3. Napětí dodávané trakčním motorům od měniče fází je v širokých mezích nezávislé na napětí traťového vedení. Příslušným dimensováním měniče fází lze dokonce docílití toho, že od určitého výkonu měnič fází překompensuje automaticky primární úbytek napětí, což znamená, že pokles traťového napětí zvýší svorkové napětí trakčních motorů. Lokomotiva nereaguje proto na úbytky napětí traťového vedení.*

*4. Poněvadž je primární proud odebírán z traťového vedení s žádným nebo jen trochu předbíhajícím posunutím fází, má induktivní složka napětí jen poměrně malý vliv, ač jde o padesát period. Rozhodně je za jinak stejných podmínek úbytek napětí při maďarském padesátiperiodovém systému s měničem fází podstatně nižší nežli u obvyklých drah s 16 periodami a u stejnosměrných drah s napětím 1500 – 3000 V.*

*5. Z obou posléze uvedených důvodů a se zřetelem na okolnost, že mírný pokles napětí neovlivňuje prakticky počet otáček trojfázových motorů, lze vzájemnou vzdálenost podružných stanic zvětšiti. Vyžaduje proto zdolání určitého dopravního programu menší počet měníren, čímž se sníží investiční náklady a provozní výlohy.*

*6. Rekuperace proudu působí u systému s měničem fází samočinně, t. j. bez přídavného zařízení a bez zásahu strojvůdce, jako u trojfázového systému; proto jsou všechny jedoucí lokomotivy vzájemně mezi sebou a s elektrárnou spojeny elasticky. Vzájemnou pomocí vlaků jedoucích současně na stoupání a spádu se vyrovnávají zátěžové hroty a zmenšuje se spotřeba energie.*

7. Rekuperace nezmenšuje provozní výdaje jen výziskem energie, ale více tím, že šetří brzdová zařízení, obruče, špalky a kolejnice. V tomto ohledu docílily italské dráhy dosti pozoruhodných výsledků na svých horských tratích v severní Itálii. Tak se na příklad na trati Giovi zvýšila trvanlivost brzdících špalků a kolejnic na trojnásobnou dobu, což odpovídalo úspoře asi 200 000 zlatých lir ročně.

8. Nelze zapomenouti, že šetření brzdové výzbroje se neprojevuje jen v úspoře materiálu, ale též ve vzestupu bezpečnosti jízdy na spádu. Vlak jede dolů odbrzděný a používá mechanickou brzdu jen z nouze, případně k zastavení vlaku. Rychlost na spádu lze proto zvýšiti a to proto, že nárazy a nepravidelnosti se nevyskytují, jak je tomu při dlouho trvajícím mechanickém brzdění.

9. Dráhové zatížení není jen velmi vítaným velkoodběratelem proudu, ale přispívá i k zlepšení účinníku celého přenosu energie proto, že automatické řízení lokomotiv udržuje nulové nebo předbíhající posunutí fází. Tato vlastnost je velmi důležitá, když dráhu je nutno napájeti ze sítě všeobecně prospěšných elektráren.

10. Ze všech uvedených vlastností, ke kterým se přidružuje i základní vlastnost, že elektrisovanou trať možno připojiti na každé dálkové vedení všeobecné zemské sítě a v každém bodě jednoduchou transformátorovou podružnou stanicí, resultuje, že celková účinnost přenosu energie je vysoká a že lze docílití oproti všem ostatním systémům jak v investicích, tak i v provozu podstatných úspor.

ČERVENEC 1949

Ing. P. SZTOKAY, Budapešť:

### **Hospodářské úvahy o elektrisaci hlavních drah padesátiperiodovým systémem Ganz-Kandó**

Podle přednášky ve Varšavě dne 18. října 1948. (Překlad z německého textu.)

Podstatnou výhodou padesátiperiodového elektrisačního systému dráhového jsou jeho jedinečně nízké investiční náklady. Maďarské státní dráhy započaly proto před dvaceti lety svoje elektrisační práce s padesátiperiodovým systémem a hodlají též ve svých právě plánovaných rozšiřovacích pracích pokračovati s tímto systémem, poněvadž všechny ostatní systémy vyžadují značně vyšších investičních nákladů. Když v roce 1928 bylo v Maďarsku rozhodnuto o první etapě elektrisace hlavních drah, nebylo by bývalo možno elektrisovati jiným systémem se zřetelem na kapitál, který tehdy byl k dispozici. Při dnešních rozšiřovacích plánech bylo by třeba upustiti od elektrisace celé řady méně zatížených tratí, poněvadž by při jiném systému nežli padesátiperiodovém se neprokázala rentabilita elektrisace.

Tytéž základní skutečnosti jsou uznávány i v jiných zemích. Ve Francii bylo konstatováno, že lze pokračovati v elektrisaci stejnosměrným proudem jen na nejvíce zatížených tratích, ačkoliv je Francie známa jako nejstarší průkopník stejnosměrné trakce v Evropě. Jakmile se však uvažuje o elektrisaci méně zatížených tratí, dokonce i o méně zatížených tratích hlavních, je nutno najítí hospodárnější systém, kterým může býti jen trakce s padesátiperiodovým střídavým proudem. Podle nejnovějších zpráv hodlá i Holandsko sledovati francouzský příklad a chce přejítí při další elektrisaci na padesátiperiodový systém.

*Pokusíme se nyní srovnati investiční náklady při stejnosměrném a při střídavém proudu padesátiperiodovém. U stejnosměrného proudu předpokládáme stavbu podružných stanic na napětí 3000 V a u padesátiperiodového proudu maďarský systém s lokomotivami Ganz-Kandó s napětím 16 kV. Srovnání lze provést jen v hrubých rysech, jelikož přesnější výpočet vyžaduje konkrétní údaje a k výpočtu rentability je třeba znáti místní kalkulační předpoklady.*

*Vzdálenost podružných stanic se určuje jak při stejnosměrném proudu, tak při střídavém, podle rentabilních výpočtů. Menší počet stanic zmenší sice investiční náklady, ztráty však jsou vyšší. Při příliš malé vzdálenosti stanic zvýší se investiční náklady do té míry, že zmenšené ztráty je nemohou kompenzovat. Optimální vzdálenost je při stejnosměrném proudu 3000 V asi 20 – 35 km a při střídavém proudu o 16 kV asi 35 – 60 km. Při tom údaje menších vzdáleností platí pro silně zatížené tratě horské a větší vzdálenosti pro slabě zatížené tratě. Křivky celkových nákladů probíhají však kolem optimálního místa velmi ploše a hospodárnost se proto při větších vzdálenostech zmenšuje jen málo. Přesto není účelné zvětšovat vzdálenost podružných stanic nad udané hodnoty k vůli snížení investičních nákladů. Dodržení optimálních vzdáleností je výhodné z toho důvodu, že vypadne-li výjimečně některá z podružných stanic z provozu a napájí-li úsek sousední podružné stanice, nevzrostou úbytky napětí neúměrně. Na elektrisované trati maďarské je vzdálenost podružných stanic 45 – 50 km; často se stává, že jednotlivé podružné stanice jsou vypnuty a příslušný traťový úsek je napájen proudem ze sousední podružné stanice. Tatáž zásada se uplatňuje nově i u francouzských státních drah pod názvem „Sous-stations répartis“. Na trati Paříž – Lyon jsou podružné stanice tak husté, že vypnutí některé podružné stanice nemá na provoz znatelný účinek. I při elektrisaci polských drah v okolí Varšavy při systému 3000 V stejnosměrného proudu byla zvolena poměrně malá vzdálenost stanic; pro elektrisaci sítě o délce tratí asi 200 km bylo objednáno 12 měníren.*

*Se zřetelem na tyto úvahy je plně odůvodněn nákladový poměr 8: 16. Skutečné poměry budou pro stejnosměrný proud spíše nepříznivější. Uvedené údaje jsou počítány pro střídavé napětí 16 kV. Na dráze Höllenthalbahn bylo zvoleno, jak známo, napětí 20 kV a rovněž francouzské dráhy zamýšlejí použití napětí 20 kV pro svou padesátiperiodovou elektrisaci. Při tomto napětí možno voliti ještě větší vzdálenost podružných stanic, což opět sníží náklady na podružné stanice. Úspory nejsou však vzhledem k celkovým nákladům elektrisačním příliš významné, běží-li o tratě silně zatížené; jejich význam vzroste při tratích se slabou dopravou. Zamýšlí-li se elektrisace i těchto tratí, možno uvážiti použití vyššího napětí. Při velkých vzdálenostech podružných stanic u systému padesátiperiodového střídavého proudu jsou náklady na přípoj napětí velmi nízké, jelikož lze umístiti jednotlivé podružné stanice v blízkosti některého vhodného přípojového bodu. Při elektrisaci trati Budapešť – Hegyeshalom bylo na příklad třeba postavit pro čtyři podružné stanice pouze přípojová vedení v celkové délce 2 – 3 km. Poměry nejsou ovšem vždy tak příznivé, lze však všeobecně tvrditi, že přípoj podružných stanic na elektrických drahách s padesátiperiodovým střídavým proudem možno řešiti vždy velmi levně. Na stejnosměrných drahách je však prakticky vždy třeba počítati s tím, že je nutno stavěti podél elektrisované dráhy vlastní železniční vedení o vysokém napětí k napájení podružných stanic. Bez stavby tohoto železničního vedení o vysokém napětí neobešla se na příklad ani elektrisace trati Paříž – Lyon, ani polská elektrisace trati v okolí Varšavy.*

*Při střídavém proudu je třeba traťového vedení o průřezu 100, příp. 200 mm<sup>2</sup> mědi, podle toho, jde-li o dvojkolejnou nebo jednokolejnou trať. S těmito průřezy se vystačí až do největších zátěží. Při stejnosměrném proudu 3000 V je naproti tomu třeba průřezu 200 – 300 mm<sup>2</sup>, případně 400 – 600 mm<sup>2</sup>. U stejnosměrného proudu nelze opomenouti ani náklady na*



kolejové spojky. Střídavý proud nevyžaduje, jak známo, kolejnicových spojek a při jeho použití nevyskytují se korozní zjevy. U stejnosměrného proudu je třeba konečně předvídati řadovny mezi jednotlivými stanicemi podružnými, aby mohly být jednotlivé traťové úseky napájeny oboustranně a přitom bylo umožněno vypnutí dvou sousedních podružných stanic. Při padesátiperiodovém střídavém proudu není oboustranné napájení jednotlivých traťových úseků třeba a nebylo při uvedených výpočtech samozřejmě uvažováno.

Všeobecně lze se domnívat, že kabelisace slaboproudých vedení je nutná jen u drah na střídavý proud a že proto náklady s tím spojené jdou k tíži elektrisace střídavým proudem. Novější zkušenosti však ukázaly, že i na stejnosměrných drahách je kabelisace velmi žádoucí, poněvadž jen jí lze bezvadně zameziti poruchy vyvolané usměrněným proudem, jakož i zkratovými proudy. Při elektrisaci vedení tratí Paříž – Lyon jsou ukládána veškerá slaboproudá vedení do země. Náklady na kabelisaci jsou obsaženy jako část přídavných nákladů, které se vyskytují u každého systému skoro v stejné výši (na příklad remisy lokomotiv atd.).

Pokud se týče lokomotiv možno vzít za základ srovnání obou systémů, jednak italské lokomotivy, jednak nejnovější lokomotiva systému Ganz-Kandó. Ze srovnání vyplývá, že lokomotiva Ganz-Kandó je při nejmenším rovnocenná v nákladní službě s lokomotivou řady E 636 a v rychlíkové službě s lokomotivou řady E 428 a může proto v službě jako universální lokomotiva nahraditi obě tyto stejnosměrné lokomotivy. Tato výhodná vlastnost lokomotivy Ganz-Kandó spočívá jednak na tom, že bylo možno vybaviti lokomotivu, přes její malou váhu, značným výkonem, jednak na tom, že může na rozdíl od stejnosměrných lokomotiv využití svého jmenovitého výkonu nejen do nejvyšší rychlosti, ale může i nad to být značně přetížena rovněž až do nejvyšší rychlosti. Z tabulky je také zjevné, že tažná síla stejnosměrné nákladní lokomotivy silně klesá od rychlosti 58 km/h, totéž se jeví u rychlíkové lokomotivy od 77 km/h. Tažná síla lokomotivy Ganz-Kandó klesá naproti tomu při vysokých rychlostech jen v takové míře, že rozjezdový a hodinový výkon zůstává konstantní až do nejvyšší rychlosti. Použitím kompenzovaných motorů a silného shuntování pole dá se sice využití jmenovitý výkon u nejnovější italské lokomotivy (lehký typ o váze 72 t řady 424 1900 ks) i při vyšších rychlostech; při nejvyšší rychlosti je použitelný výkon u těchto lokomotiv znatelně omezen.

Použití lokomotivy Ganz-Kandó jako universální lokomotivy má celou řadu výhod. Z hospodářského hlediska universálnost lokomotivy způsobuje, že může být lépe využita, a že k zvládnutí týchž provozních úkolů je třeba menšího počtu lokomotiv. K tomu se přidružuje okolnost, že také váhy lokomotiv Ganz-Kandó jsou menší, na př. ve srovnání s italskými rychlíkovými lokomotivami, skoro o 35%. Předpokládáme-li, že při stejnosměrném systému je třeba 75% nákladních lokomotiv a 25% rychlíkových lokomotiv, uspořilo by se na váze nutného parku lokomotiv při systému Ganz-Kandó přibližně 20%. Je otázkou, jak toto zmenšení váhy působí na výrobní cenu. Drahé součástky stejnosměrné lokomotivy jsou trakční stejnosměrné motory na vysoké napětí, motory vysokého napětí pro pomocné pohony a řadící přístroje na vysoké napětí. Ostatní součástky, zvláště rozjezdové odpory, jsou poměrně levné. Jedinou drahou součástkou lokomotiv systému Ganz-Kandó je měnič fází. Měnič period, trakční a také pomocné motory jsou indukčními stroji obvyklé konstrukce, jejichž výroba je velmi levná. Náklady na kg při řadících přístrojích jsou sice vyšší než u indukčních motorů, jejich výroba není však přece tak choulostivá jako výroba stejnosměrných řadících přístrojů na vysoké napětí. Velmi levnou součástí je spouštěč, zvláště proto, že převážnou část jeho váhy tvoří vodní náplň. Rovněž mechanická část u lokomotiv Ganz-Kandó je velmi jednoduchá a levná, jelikož malá váha motoru umožňuje použití tlapového závěsu a velmi jednoduché konstrukce podvozku. Z předchozích úvah vyplývá, že specifické výrobní náklady (na jednotku váhy)

*lokomotivy Ganz-Kandó jsou maximálně tak vysoké jako u lokomotiv stejnosměrných a výrobní náklady nutného parku lokomotiv jsou proto v přímém poměru k vahám.*

*Použili jsme v předchozích úvahách úmyslně slova „výrobní náklady“ místo „pořizovací cena“. Za stávajících poměrů hrají totiž technické rozdíly při trhovách cenách, zvláště při zahraničních cenách, jen velmi podřízenou úlohu a cenové niveau je spíše určováno devisovou situací jednotlivých dodavatelských zemí. Srovnání různých lokomotiv na základě nabídek z různých zemí může proto vykazati hodnoty, lišící se značně od naší tabulky. Chce-li však nějaká země vyráběti své lokomotivy v tuzemsku, nejsou směrodatnými zahraniční ceny, nýbrž výrobní náklady kalkulované na stejné základně. Ostatně jsme měli příležitost srovnati cenu zahraničních lokomotiv stejnosměrných s cenami našich lokomotiv. Také toto srovnání ukázalo, že specifická cena za jednotku váhy je u stejnosměrných lokomotiv a u lokomotiv systému Ganz-Kandó přibližně téměř stejná.*

*Zabývali jsme se ve výše uvedených úvahách lokomotivami systému Ganz-Kandó. I když firma Ganz má nejstarší zkušenosti v oboru padesátiperiodové trakce, existuje již dnes celá řada jiných firem, které na této otázce pracují. Firmy Siemens, AEG, BBC a Krupp dodaly po jedné lokomotivě na významný pokus dráhy Höllenthalbahn, a nyní jsou ve výrobě mimo Maďarsko tři padesátiperiodové lokomotivy pro franc. státní dráhy u firem Oerlikon, Alsthom a Schneider-Westinghouse. Rovněž jedna lokomotiva s usměrňovačem je prý ve stavbě. Z toho vidno, že se širší okruh zájemců již zabývá padesátiperiodovou trakcí a možno proto očekávati, že mezinárodní soutěž přinese nová zajímavá řešení. Pro vyšší výkony považujeme dnes lokomotivy Ganz-Kandó za nejvýhodnější řešení. Pro méně výkonná vozidla, na příklad motorové vozy, navrhujeme také jiná řešení; buď vozidla se stupňovým transformátorem a jednofázovými kolektorovými motory, nebo vozidla s usměrňovacím agregátem a se stejnosměrnými motory. Pro menší výkony lze považovati obě alternativy za vyřešené. Hospodářské výhody padesátiperiodového systému stávají se již všeobecně známými. I když dnes již mnohé firmy se pokoušejí vyráběti vhodné typy lokomotiv tohoto systému, je Maďarsko přece jen jedinou zemí a Ganz jedinou firmou, jež má praktické zkušenosti spočívající na patnáctiletém elektrickém provozu hlavní trati, dlouhé 190 km. Zájmoví odborníci mají možnost kdykoliv si prohlédnouti tuto dráhu a přesvědčiti se tak, že otázka padesátiperiodového trakčního systému je vyřešena tímto maďarským způsobem.*

*Země, které teprve dnes počínají elektrisovati své hlavní dráhy, mohou již dnes bez rizika použití padesátiperiodový elektrisační systém a nebudou muset později přejíti na tento systém, až budou mít vystavěno několik set kilometrů traťového vedení jiného systému.*

### **Krátký vývoj padesátiperiodového elektrisačního systému**

*Předchozí dva články maďarských odborníků jsou psány za účelem vzbuditi u nás v Československu zájem o systém Ganz-Kandó, kterého používají Maďaři na elektrisované trati z Budapešti do Hegyeshalom (na rakouských hranicích). Prvý článek prof. Verebély-ho z Budapeštské vysoké školy technické obsahuje přednášku, kterou autor proslouvil 4. ledna t. r. v ministerstvu dopravy v Praze; druhý článek, jehož autorem je Ing. Sztrókey, ředitel maďarské továrny Ganz, obsahuje přednášku, proslouvenou ve Varšavě dne 18. října 1948, jejíž překlad byl rozdáán posluchačům přednášky ze 4. ledna t. r.*

*Systém Ganz-Kandó je jedním z řešení, jak vybavit vozidla pro dráhu, která je jednopólovým traťovým vedením napájena střídavým proudem padesátiperiodovým. Podle šestnáctiletých provozních zkušeností na trati Budapešť Hegyeshalom se řešení Ganz-Kandó*

pro lokomotivy osvědčilo. Nutno připomenouti, že při systému Ganz-Kandó jde o trojfázovou trakci na jednofázové dráze padesátiperiodové (Système monotriphasé). Firma Ganz je průkopníkem v trojfázové trakci, vždyť elektrisovala již v letech 1898 – 1902 italskou dráhu Valtellina trojfázovým systémem dráhovým a trakčním, jako jednu z prvních hlavních drah na světě. Bylo při tom použito napětí 3000 V při nízkém počtu period 15. Padesáti period bylo v dráhovém provozu použito ponejprv na jednofázové dráze Seebach – Wettingen ve Švýcarsku v letech 1904-05. Na této dráze jezdila krátkou dobu měničová lokomotiva se stejnosměrnými trakčními motory. Použito bylo napětí 15 000 V; dráha byla přestavěna v roce 1905 na 15 period. S poněkud menším počtem period než padesát, a to 40 – 42, byly provozovány na počátku našeho století dráhy: v roce 1899 trojfázová dráha švýcarská Burgdorf – Thun na napětí 750 V a 40 period, v roce 1904 jednofázová dráha rakouská St. bairalbahn s napětím 2500 V a 42 period, asi v stejné době byla postavena belgická dráha Borinage, jednofázová, ale s dvoupólovým vedením o napětí 6600 V, 40 period, a dále trojfázová dráha rakouská ve Wöllersdorfu na 3000 V.

V roce 1910 lze zaznamenati první pouliční jednofázovou dráhu na plných 50 period v lotrinském městečku St. Avoold (750 V). Oproti uvedenému sporadickému použití stojí ovšem velmi rozšířené zavedení padesátiperiodové trakce jednofázové a trojfázové na důlních, průmyslových a jeřábových drahách, jakož i na posuvnách a pod. Zmíniti se lze o důlní lokomotivě Kruppově o výkonu 225 ks na 3000 V a 50 period, která je vlastně též měničovou lokomotivou jedno-trojfázovou (viz ETZ 1926, seš. 30, str. 878). Ve všech případech jde o poměrně malý výkon trakčních motorů.

První padesátiperiodovou lokomotivou velkého výkonu 2700 ks byla pokusná lokomotiva maďarských drah z roku 1923. Byla zkoušena na pokusné trati Budapešť – Alag s jednofázovým proudem 15 000 V. Na základě těchto zkoušek elektrisovalo Maďarsko v roce 1932 trať Budapešť – Hegyeshalom a dalo na této trati do roku 1944 do provozu 32 lokomotiv. Je to největší použití padesátiperiodového systému. O bližších podrobnostech pojednávají předchozí články.

Pokus většího rozsahu učinily německé dráhy v r. 1936 na tratích v jižním Německu (Höllenthalbahn a Dreiseenbahn). Na tratích o napětí 20 000 V byly dány do provozu čtyři druhy lokomotiv (po jedné lokomotivě). Dnes jsou uvedené trati v okupační zóně francouzské, a zdá se, podle zpráv z Francie, že francouzské dráhy navazují na německé pokusy. Lokomotivy mají býti ale řešeny úplně odlišně od německých. Objednány jsou lokomotivy s kolektorovými motory u švýcarské firmy Oerlikon a u francouzské firmy Alsthom. Lokomotivy jsou typu Co'Co' s výkonem motoru až 465 kW. U fy Le matériel électrique (Schneider-Westinghouse) je objednána ještě třetí lokomotiva, a to měničová (jednofázová stejnosměrná). Tyto lokomotivy budou moci jezdit též na tratích stejnosměrných s napětím 1500 V. Na ukončení přehledu o vývoji padesátiperiodové trakce je nutno se zmíniti ještě o elektrisaci italské trati Řím – Sulmona trojfázovým proudem o 45 periodách. Trať byla dána do provozu v roce 1928. Bylo použito napětí 10 000 V. Na trati jezdilo 18 lokomotiv o výkonu 2200 až 2700 ks. Dráha byla přestavěna na stejnosměrný proud o napětí 3000 V, a to na základě srovnávacích zkoušek na trati Foggia – Benevento.

Z obou výše uvedených statí (o lokomotivě Oerlikon, uveřejněné v našem 1. dílu a této z Maďarska) z časopisu *Elektrotechnický obzor* celkem jednoznačně plyne, že tehdejší československá odborná veřejnost byla o soudobém dění v oboru napájení železnice jednofázovým proudem o průmyslové frekvenci 50 Hz velmi podrobně a fundovaně

informována. A to jak o přeci jen trochu problematickém systému *Kandó*, který se nikde jinde mimo domovské Maďarsko neprosadil (ač se firma *Ganz* evidentně velmi aktivně snažila o jeho propagaci), tak o aktuálních modernějších řešeních, vznikajících ve Francii a Švýcarsku na bázi německého předválečného výzkumu na *Höllentalbahn*.

## UIC 1952

Dále bylo v roce 1952 přijato *UIC, Komise pro elektrickou trakci* několik dokumentů týkajících se elektrické trakce, které byly v listopadu toho roku přijaty i československým ministerstvem železnic. Mimo jiné to byl *Návrh normálového listu UIC pro elektrickou trakci jednofázovým proudem 50 c/sec.*<sup>2</sup> Což znamená, že již v té době se systém 50 Hz stával všeobecně uznávaným a rychle se blížil běžnému využití na železnicích celého světa.

## Belgické Kongo

Primát trati, uvedené do běžného elektrického provozu jednofázovým systémem 25 kV 50 Hz ale nakonec nezískalo ani Maďarsko, ani Francie, ale země úplně jiná, značně exotická a z dnešního pohledu poněkud těžko představitelná – Belgické Kongo. Na přelomu čtyřicátých a padesátých let 20. století zde totiž byla systémem 25 kV 50 Hz elektrizována trať Jadotville (dnes Likasi v Demokratické republice Kongo) – Tenke, na které byl elektrický provoz zahájen 20. října 1952.<sup>3</sup> Zdejší *Společnost železnic v Kongu (Compagnie du Chemin de fer du Bas-Congo au Katanga)*<sup>4</sup> vybrala tento tehdy velmi progresivní a prakticky nevyzkoušený systém z důvodu, že pro něj tehdy vycházely dle jejích propočtů nejnižší náklady na pevná trakční zařízení, a naopak poměrně vysoké náklady na hnací vozidla. Tato kombinace byla dle takovéto úvahy vhodná právě pro takovouto méně zatíženou trať vyžadující jen malý počet hnacích vozidel, jako byla tato v jihovýchodním Kongu. Trať o rozchodu 1067 mm byla dlouhá 105 kilometrů s maximální rychlostí 70 km/h. Průměrná hmotnost osobních vlaků byla 400 tun a nákladních 500 až 1000 tun a její tehdejší roční dopravní výkon byl udáván na 160 mil. hrtkm a 1,52 mil. hrubých tun.<sup>5</sup>

Před rozhodnutím o elektrizaci se společnost údajně rozhodovala mezi systémem 3 kV ss (v té době již běžným v mateřské Belgii) a střídavým 25 kV (někdy je v literatuře udáváno 22 kV) 50 Hz; tyto dva systémy byly vybrány proto, že umožňovaly připojení na veřejnou energetickou síť.<sup>6</sup> Následně byly provedeny porovnávací výpočty, ve kterých vyšly u střídavého systému o 35 % nižší pořizovací náklady na energetická zařízení a o 20 % vyšší náklady na lokomotivy.<sup>7</sup> U provozních nákladů výpočty ukázaly, že náklady na energetická zařízení by měly být u střídavého systému nižší o 46,5 % než u stejnosměrného a o 15 % vyšší u lokomotiv.<sup>8</sup>

---

<sup>2</sup> Národní archiv Praha-Chodovec, Fond Ministerstvo železnic, karton 63, spis č.j. 10281/52

<sup>3</sup> Pokud není uvedeno jinak, byl použit článek *Elektrifacace železnice jednofázovou soustavou 50 c/s ve Střední Africe*, uveřejněný na stranách 546 – 549 v čísle 10 časopisu *Elektrotechnický obzor* 1955/ročník 44

<sup>4</sup> Viz např. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Compagnie\\_du\\_chemin\\_de\\_fer\\_du\\_bas-Congo\\_au\\_Katanga](https://fr.wikipedia.org/wiki/Compagnie_du_chemin_de_fer_du_bas-Congo_au_Katanga), vyhledáno 2.2.2020

<sup>5</sup> Podle citovaného článku byly tehdejší výkony na hlavních tratích ČSD zhruba 10x – 20x vyšší

<sup>6</sup> Což je ve druhé polovině čtyřicátých let v nitru kolonizované *černé Afriky* nepochybně velmi zajímavý argument... V té době v oblasti již existovala síť vedení 110 kV a dokonce i 220 kV

<sup>7</sup> Otázkou samozřejmě je, zda takto vysoké náklady na lokomotivy byly skutečně dány jejich napájecím systémem či tím, že se jednalo o zcela novou, v podstatě prototypovou a nevyzkoušenou konstrukci a malým počtem objednaných strojů, tedy v podstatě kusovou výrobou

<sup>8</sup> Opět je zde otázka, z čeho byly náklady na úplně nový typ lokomotivy stanoveny

Největším tehdejším problémem systému 50 Hz byl jak známo prakticky použitelný pohon lokomotivy. Ten byl u prvního zde používaného typu, dvanácti lokomotiv řady 21, 2101 – 2112 vyřešen zároveň jednoduše, a zároveň velmi pozoruhodně. Lokomotivy, vyrobené belgickou firmou A.C.E.C. a pravděpodobně využívající některá licenční řešení americké firmy *Westinghouse*, byly konstruovány jako čtyřnápravové podvozkové s pohonem unikátními komutátorovými dvojmotory na každé nápravě, napájené sníženým napětím ze sekundární strany transformátoru. Toto řešení je unikátní hlavně v tom, že dvojmotory musely být „vtěsnány“ do rozkolí odpovídajícímu rozchodu kolejí 1067 mm. A dále také ukazuje, že v poválečné době již byla zvládnuta konstrukce a výroba komutátorových trakčních motorů pro frekvenci 50 Hz natolik, že umožňovala jejich běžné využití v pravidelné železniční dopravě. O výběru konstrukce lokomotivy nás přesně informuje text, uveřejněný v 10. čísle časopisu *Elektrotechnický obzor* roku 1955:

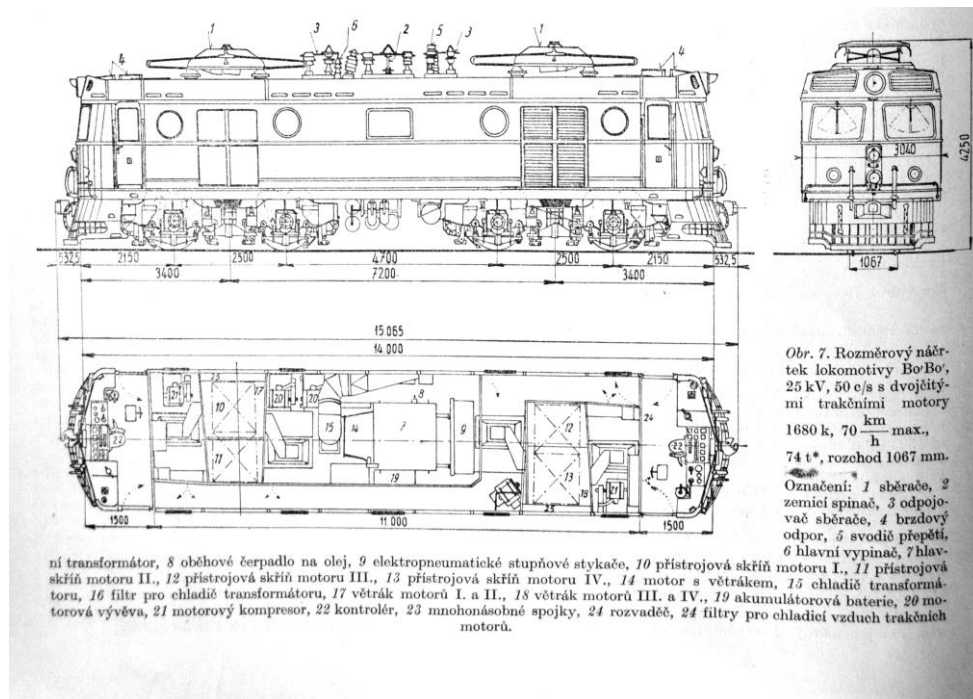
*„a) Měničová lokomotiva se synchronním motorgenerátorem a stejnosměrnými trakčními motory, jejíž trakční charakteristiky jsou velmi přizpůsobivé a umožňují rozjezd těžkých vlaků s nejmenším urychlením. Strojní zařízení je složité a těžké, neboť musí být stavěno na trojnásobnou elektromechanickou transformaci energie; rozběh a udržování v synchronním chodu klade zvláštní požadavky a celková účinnost je malá.*

*b) Měničová lokomotiva se synchronním měničem počtu fází a frekvence s trojfázovými trakčními motory může být provedena s plynulou nebo stupňovitou regulací frekvence a rychlosti jízdy. Plynulá regulace vyžaduje dvojí přeměnu celého nebo skluzového výkonu stejnosměrnou kaskádou; stupňovitá regulace se provádí přepínáním počtu kombinací se stupňovitou změnou frekvence trojfázového proudu, kterým se napájejí trakční motory. Maďarské lokomotivy Ganz-Kandó a německé lokomotivy Krupp jsou stroje tohoto druhu.*

*c) Lokomotivy s usměrňovači mající stejnosměrné motory napájené usměrněným tepavým proudem, jehož napětí lze měnit odbočkami transformátorů nebo mřížkovým řízením. Tato zařízení způsobují nežádoucí vyšší harmonické proudy v napájecí síti, k jejichž omezení musí být lokomotivy vybaveny těžkými a objemnými filtry jakož i tlumivkami k vyhlazení tepavého stejnosměrného proudu. Novější zkoušené ignitrony bez čerpání značně zjednodušují pomocné zařízení usměrňovačů.*

*d) Lokomotivy přímo napájené s jednofázovými komutátorovými trakčními motory, obsahující regulační odbočkový transformátor. Zařízení je nejjednodušší, má dobrou účinnost, jeho provedení je však závislé na úspěšném vyřešení spolehlivého trakčního motoru. Z těchto důvodů bylo toto řešení sledováno nejdříve a byly dány tři prototypy trakčních motorů s různým vinutím předem do výroby.*

*Trakční motory jsou normální seriové s pomocnými póly a s kompenzačním vinutím. K omezení jiskření kartáčů při rozjezdu byl výkon potřebný pro pohon jedné nápravy rozdělen do dvou motorů, t. j. každá kotva je vinuta na 210 k; bylo použito normálního paralelního vinutí se zkráceným krokem a s odporovými spojkami, které omezují transformační napětím mezi lamelami při rozjezdu z klidu na hodnotu menší než 3 V (obr. 1 a 2); indukční shuntování vinutí pomocných pólů bylo provedeno pomocí transformátorové vazby; napětí na komutátoru bylo voleno nízké, 240 V max.; byl volen velký počet pólů (10) a tím sníženo transformační i reaktanční napětí při komutaci, takže elektrické namáhání a pracovní podmínky komutátoru jsou přibližně stejné jako u osvědčených jednofázových trakčních motorů pro nízký kmitočet 16 c/s.“*



Obrázek č. 1:

Schematický náčrt lokomotivy Bo-Bo A.C.E.C pro Belgické Konggo, uveřejněný v roce 1955 v časopise Elektrotechnický obzor

Zdroj: *Elektrotechnický obzor* 10/1955

Na tyto lokomotivy navázala v roce 1956 dodávka deseti lokomotiv řady 22, 2201 – 2210, podobné konstrukce, a v roce 1958 dalších jedenácti řady 23, 2301 – 2311. Tyto lokomotivy již byly poháněny stejnosměrnými motory, napájenými přes ingnitronové usměrňovače. Jako úplně poslední sem byly v roce 1960, krátce před koncem belgické nadvlády nad Kongem, dodány ještě dvě lokomotivy 2401 a 2402, vybavené již křemíkovými usměrňovači.

Další problém jednofázového systému 50 Hz, tedy nerovnoměrné zatěžování třífázové sítě 110 kV, zde byl vyřešen taktéž jednoduše, a to rozdělením celé tratě na tři zhruba stejně dlouhé napájecí úseky po 35 km, každým napojeným na jednu fázi stejné, podél trati vedené veřejné linky 110 kV. Tím byla třífázová síť při zhruba stejné intenzitě dopravy na celé trati zatížena v rámci možností co nejrovnoměrněji. Bez zajímavosti není ani použité trakční vedení, v přímé trati svislé řetězčkové dle tehdejších běžných belgických sestav, v obloucích o poloměrech menších než 3000 m přecházející do vedení šikmého.

Elektrizace tímto systémem se v Belgickém Kongu rychle rozvíjela, a v roce 1959 dosáhla délka zdejších elektrizovaných (jednokolejných) tratí 862 km.<sup>9</sup> Bohužel ale další osudy elektrizovaných tratí po odchodu Belgičanů z Konga v roce 1960 nejsou známy, resp. se je nepodařilo vypátrat.

## Francie

Na normálním rozchodu ale každopádně získala prvenství při zavádění systému 25 kV 50 Hz Francie. A to jak její železniční správa *SNCF* tak i průmysl, který z tohoto úspěchu dokázal velmi dobře těžit. Samotnou Francií se zde ale zabývat nebudeme, a to jednak z důvodu že historie je dostatečně známa a popsána, a též z důvodu udržení rozsahu tohoto

<sup>9</sup> *Le Rail au Congo Belge, Tome III, 1945 – 1960*, strana 156, Le Monde de Kamélia, Bruxelles, Belgique, 1998



textu. Podíváme se ale na první francouzské exportní úspěchy, které byly pro další světový rozvoj tohoto systému velmi důležité.

### **Turecko 1955**

Druhou evropskou zemí, ve které byl systém 25 kV/50 Hz zaveden, bylo (opět možná trochu překvapivě) Turecko. Jedná se o celkem známou a dohledatelnou věc, a proto se o zde zmíníme jen stručně: v roce 1955 byla tímto systémem elektrizována 28 km dlouhá trať Sirkeci – Halkali v evropské části Istanbulu. Použity byly především francouzské technologie a konsorciem francouzských a dalších západoevropských firem, které stalo jádrem budoucího konsorcia *50 c/s Group*<sup>10</sup>, sem byla dodána i vozidla, konkrétně tři lokomotivy řady E 4000 a osmadvacet jednotek řady E 8000, přičemž lokomotivy zde byly používány k vedení dálkových vlaků do a z nádraží Sirkeci, ležícího v centru města nedaleko Zlatého rohu. A důležitým detailem též je, že dominujícími vozidly zde byly příměstské jednotky, což poněkud vyvrací tehdejší hlavní výhradu k systému 50 Hz, totiž jeho nevhodnost pro motorové vozy.



Obrázek č. 2: *Nová jednotka řady E 8000 TCDD ve stanici Yedikule v roce 1956.*

Zdroj: web <http://www.trainsofturkey.com/index.php/MUs/E8000>, foto A. Swale

### **Portugalsko 1956**

Podobná situace nastala o rok později v Portugalsku, kde byl 28. dubna 1956 zahájen elektrický provoz systémem 25 kV/50 Hz na předměstské trati Lisabon – Sintra a následně na trati Lisabon – Carregado. Bylo tak navázáno na předválečnou elektrizaci stejnosměrným systémem 1500 V a odehrál se zde tedy stejný příběh jako ve Francii, Indii nebo později Novém Zélandu a jaký se mohl odehrát i v Československu.

---

<sup>10</sup> Viz např. <https://de.wikipedia.org/wiki/50-Hz-Arbeitsgemeinschaft>, vyhledáno 12.5.2024

Nasazeny zde byly velice moderní jednotky řady 2000, vyrobené opět konsorciem 50 c/s Group.



Obrázek č. 3:

Jednotka řady 2000 CP v roce 2004.

Zdroj: Jean-Pierre Vergez-Larrouy - <http://www.ferropedia.es/wiki/Imagen:CP2004Guar0808JPVL.JPG>, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3950922>

## Sovětský svaz

Důležitou událostí, a to již přímo ve vztahu k Československu, byla sovětská objednávka a následná dodávka padesáti francouzských lokomotiv řady  $\Phi$  („ $\Phi$ “ neboli „F“ znamená prostě Francie nebo francouzská) pro střídavý systém. Lokomotivy byly objednány v roce 1957 u firmy *Alstom* a dodány byly v letech 1958 – 1960. Z důvodu rozsahu našeho textu a dostatečně dostupným zdrojům<sup>11</sup> se zde těmito lokomotivami opět nebudeme podrobněji zabývat, jen uvedeme, že se stále ještě jednalo o lokomotivy se rtuťovými usměrňovači.



Obrázek č. 4:

Úplně nová lokomotiva  $\Phi$ 01 při prvních zkouškách v Sovětském svazu 30. listopadu 1958.

Zdroj: <https://railgallery.ru>

<sup>11</sup> Viz např. zde: <https://rollingstockworld.com/locomotives/history-alstom-in-the-ussr-as-an-impulse-for-the-national-electric-locomotives-development/>, vyhledáno 19.5.2024



## Indie

Ale rozhodně největším úspěchem francouzského průmyslu byl export lokomotiv a technologií pro systém 25 kV 50 Hz do Indie. Ani zde se pro rozsah a dostatek jiných zdrojů nebudeme tímto tématem podrobněji zabývat, uveďme jen, že první univerzální lokomotivy řady WAM-1 sem byly z Francie dodány v roce 1959. Na ně pak v letech 1963 – 1966 navázaly nákladní lokomotivy WAG-1. Poté již střídavé lokomotivy začal vyrábět indický průmysl, doplňovaný importy z Japonska. Každopádně Indie se postupem doby stala skutečnou velmocí jednofázového systému 25 kV 50 Hz, a je jím dokonce elektrizován i celý systém metra v hlavním městě Dillí, včetně tunelových úseků.



Obrázek č. 5:

Lokomotiva WAG-1 20710 jako historický exponát v Národním železničním muzeu v Novém Dillí 6. ledna 2012.

Foto autor

## Velká Británie 1957

Ve druhé polovině padesátých let již bylo jasné, že systém 25 kV/50 Hz se stane v Evropě i ve světě široce rozvíjeným a že bude zaváděn na železnicích dalších a dalších zemí. Jednou ze zemí, která se tehdy rozhodla na tento systém přejít byla i Velká Británie, o čemž nás dvojicí článků z roku 1957 informuje evidentně stále velmi dobře informovaný časopis *Elektrotechnický obzor*. Oba texty se týkají aktuálního rozhodnutí britských autorit opustit cestu elektrizace železnice stejnosměrným systémem 1500 V a přejít na střídavý systém 25 kV 50 Hz. Nejprve to byl na straně 92 článek *Elektrizace britských železnic 25 kV, 50 Hz*.

*„British Transport Commission (správa britské státní dopravy) sdělila veřejnosti rozhodnutí použít k velkorysé elektrizaci železnic soustavy jednofázového napětí 25 kV, 50 Hz. Změnila tím své rozhodnutí z r. 1950, potvrzené ještě v roce 1954, elektrizovat stejnosměrným napětím 1500 V. Toto rozhodnutí má dalekosáhlý význam a je tím pozoruhodnější, že rozhodující pokroky ve stavbě tohoto systému, o které se rozhodnutí opírá, jsou zcela nového data. Kromě toho opírá se rozhodnutí o zkušenosti cizí, protože vlastní zkušenosti ve Velké Británii jsou zatím jen malé. Rozhodnutí bere na sebe risiko samozřejmě spojené so zaváděním něčeho nového. Činí tak pro velké výhody, které nová soustava slibuje pro budoucnost v možnosti elektrizovat též velké úseky, jejichž elektrizace stejnosměrným proudem by byla nevhodná. Rozhodnutí bylo usnadněno tím, že britský průmysl má velké zkušenosti s výrobou elektrických lokomotiv stejnosměrných, s výrobou usměrňovačů,*

transformátorů, spínačů, i jiných součástí lokomotivy pro 50 Hz. Britský průmysl má též velké a vedoucí zkušenosti ve výrobě usměrňovačů polovodičových. Lze proto očekávat, že stavba lokomotiv pro 50 Hz s usměrňovači na lokomotivě nenarazí na obtíže.

Plán elektrisace 50 Hz týká se tratí o délce asi 2200 km, zejména magistrály z Londýna na severozápadní pobřeží do Liverpoolu přes hlavní průmyslová střediska Northampton, Rugby, Birmingham, Stafford a Crewe do Manchesteru. Poslední odbočka má být uvedena do provozu první v roce 1959. Dále se plán týká magistrály na sever do Skotska z Londýna přes Doncaster s odbočkou do Yorku, kromě toho kratších úseků z Londýna na východní a severovýchodní pobřeží (Ipswich, Harwich atd.) a na sever s podzemními úseky v Londýně a konečně elektrisace okolí hlavního města Skotska Glasgowa včetně podzemní dráhy. Pozoruhodné je, že nové úseky 25 kV budou se stýkat a proplétat se starými úseky 660 V stejnosměrného napětí v okolí Londýna. Výhody nové soustavy 25 kV proti soustavě 1500 V stejnosměrného napětí v Anglii používané jsou:

u napájení:

1. nižší náklady napájecích stanic a napájecích kabelů;
2. nižší náklady na energii a údržbu napájecích zařízení;
3. napájení je bezpečnější;
4. trolejové vedení a ocelové nosné konstrukce jsou lehčí a levnější;
5. stavba trolejového vedení a sloupů je snazší; bude sice nutné přestavět tunely a mosty pro získání potřebných isolačních vzdáleností, ale tyto výlohy jsou menší než předem uvedené výhody.

u lokomotiv:

1. lepší adheze (umožňuje použití lehčích lokomotiv);
2. snadnější regulace;
3. menší počet lokomotiv;
4. odpadají ztráty ve spouštěcích odporech pro regulaci rychlosti; veškeré jízdní stupně jsou hospodárné;
5. elektrické topení a osvětlení je velmi snadné a hospodárné.

Nejvíce překvapující je zkušenost získaná ve Francii, že lokomotivy na 50 Hz jsou v protikladu k původnímu očekávání lehčí a levnější než stejnosměrné lokomotivy schopné vykonávat stejné služby. Britské železnice se rozhodly pro dva typy lokomotiv (s usměrňovači, regulačními transformátory a stejnosměrnými motory), jedna bude pro expresní vlaky 3000/3500 k, 2250/2600 kW, druhá universální 2500/3000 k, 1860/2240 kW. Výhoda střídavé lokomotivy, u které stejnosměrné motory jsou trvale paralelně spojeny a regulují se změnou napětí, je její podstatně větší adheze než u stejnosměrné lokomotivy s motory v serii regulovanými předřazenými odpory. Další výhodou je, že veškeré stupně jsou hospodárné. To je velká výhoda soustavy zejména u universální lokomotivy a je jedním z hlavních důvodů, proč se tohoto systému používá.

Zatím se lokomotivy předpokládají s osvědčenými stejnosměrnými motory a s usměrňovači rtuťovými. Je ovšem možné, že budoucnost ukáže další možnosti usměrňovačů polovodičových (germanium, křemík) resp. transistorových. Jako výsledek studií a zkušeností se ukázalo, že tam, kde rozjezdové vlastnosti nutily ke stavbě stejnosměrných lokomotiv CoCo, vystačí systém 50 Hz s lokomotivou BoBo, t. j. lehčí a levnější. Tento poznatek je nový

a v roce 1951 neznámý a vedl komisi v onom roce k odmítnutí soustavy 50 Hz, protože se cena lokomotiv jevila u 50 Hz vyšší. Nyní se na př. pro trať Londýn – Manchester resp. Liverpool počítá so 150 lokomotivami BoBo pro expresní službu jak pro 50 Hz tak pro stejnosměrný proud. Pro smíšenou službu stačí pro 50 Hz lokomotiva BoBo pro dopravu 1250 t do stoupání 10 %, zatím co pro stejnosměrný proud by bylo zapotřebí buď lokomotivy CoCo anebo dvou lokomotiv BoBo. Je proto zapotřebí proti 510 universálním lokomotivám při 50Hz buď 510 lokomotiv CoCo anebo 570 lokomotiv BoBo u stejnosměrného proudu. Stojí tedy proti sobě celkem 660 lokomotiv na 50 Hz proti 720 lokomotivám BoBo na stejnosměrný proud (což je levnější alternativa u stejnosměrného proudu). Podle nynějšího stavu výroby v Anglii je sice cena 720 stejnosměrných lokomotiv stále ještě o 5% menší než cena 660 lokomotiv na 50 Hz, avšak předpokládá se, že během času, až závody získají zkušenosti se stavbou lokomotiv na 50 Hz, tento poměr se změní, a že lokomotivy 50 Hz nebudou alespoň dražší než ony na stejnosměrný proud(!). Tím padl poslední argument proti soustavě 50 Hz při elektrisaci železničních magistrál, t. j. že proti nesporně menším nákladům za pevné instalace u 50 Hz stály vyšší náklady za lokomotivní park, který v elektrisaci magistrálních tratí s hustým provozem mohl uvedenou výhodu anulovat, případně zvrátit. Podle posledních zkušeností tento případ již nemůže nastat, takže výhoda elektrisace 50 Hz je již nesporná. Tyto úvahy vedly anglické železnice k na začátku uvedené změně rozhodnutí z r. 1951 elektrisovat stejnosměrným proudem. Pro zajímavost uvádím, že změnu stanoviska ohlásil hlavní inženýr BTC S. B. Warder, který ještě na mezinárodním železničním kongresu v Londýně v r. 1954 měl referát, ve kterém jeho závěr zněl, že neexistuje nejvýhodnější elektrizační soustava železnic. Tohoto jeho názoru se i nyní ještě nepřítelci elektrisace 50 Hz dovolávají. Vidíme, že tak činí neprávem, neboť S. B. Warder svůj názor již změnil. Doufejme, že si vezmeme poučení ze závěrů, učiněných ve Francii i Anglii, vždyť poměry (průmyslově vyspělé země s hustou sítí) jsou našim jistě podobné.

Březen 1956, resp. Bull. IRCA 7 (1956), čís. 9, str. 437-442. Dr V. Klima *The Locomotive Railway Carriage and Wagon Review*

Na ten pak na straně 436 navázal další článek *Elektrisace anglických železnic jednofázovým proudem*:

„Elektrisaci železnic se věnuje v Anglii veliká pozornost. Podle projektu rekonstrukce má být elektrisováno 2370 km tratí. Elektrická stejnosměrná trakce s napětím 650 V a napájením třetí kolejí, dříve používaná, vyžaduje velikých investic. Aby se dosáhlo snížení investic, bylo v r. 1951 navrhováno provést elektrisaci stejnosměrným napětím 1500 V. Ani tento návrh neobstál dlouho. Úspěšné pokusy, konané ve Francii a Anglii s použitím jednofázového proudu 50 Hz potvrdily, že je mnohem výhodnější pro elektrisaci drah než stejnosměrný proud 1500 V. Na základě toho bylo v r. 1956 rozhodnuto, že většina tratí, podléhajících elektrisaci (82%) se uskuteční střídavým proudem průmyslového kmitočtu a napětím 25 000 V. Zbytek, hlavně tratě ve východní a střední části jižní oblasti Anglie o celkové délce 420 km, budou elektrisovány stejnosměrným proudem.

V jižní části Anglie je hustá síť stejnosměrných železnic na 660 V, napájených třetí kolejí. Jejich rekonstrukce na střídavý proud by si vyžádala značných dodatečných investic, proto v této oblasti zůstane stejnosměrný systém zachován a bude elektrisováno ještě dalších 400 km tratí. Stávající stejnosměrné tratě na 1500 V Londýn – Southend a Londýn – Chelmsford budou převedeny na střídavý proud. Taktéž trať Manchester – Bury, provozovaná stejnosměrným proudem 1200 V, bude převedena na střídavý proud, který je pro tuto trať

podle výpočtů a porovnání s jinými tratěmi výhodnější. Rekonstrukce na střídavý proud si vyžádá náklad 117,8 milionů lib. šterlinků, kdežto k rekonstrukci na 1500 V stejnosměrného proudu by bylo třeba 123,6 milionů lib. šterlinků. Mimo to roční provozní náklady se sníží o 1 milion lib. šterlinků v důsledku menšího počtu transformoven s jednodušším vybavením, lehčí konstrukce trolejové sítě a menšího lokomotivního parku. Na trať Londýn – Manchester – Liverpool při elektrisaci střídavým proudem je třeba 12 trakčních transformoven, při stejnosměrném proudu by jich bylo třeba 70. Většina těchto transformoven může být sloučena se snižovacími transformovkami pro veřejný konsum. Při střídavém proudu je třeba 27,4 km napájecích vedení, kdežto při stejnosměrném 403 km kabelu 33 kV.

Podle anglických odborníků je střídavé napětí 25 000 V ekonomické, zaručuje minimální stavební náklady. Celkový podélný průřez vodičů vrchní sítě se ve srovnání se stejnosměrným proudem značně sníží. Při 1500 V stejnosměrného proudu je potřebný průřez 500 mm<sup>2</sup>, při střídavém proudu stačí 150 mm<sup>2</sup>. Konstrukce střídavé vrchní sítě je jednodušší, stačí prostý řetězovkový závěs, kdežto stejnosměrná síť vyžaduje závěs sdružený. Průřezy vodičů vrchního vedení jsou menší a tedy i lehčí, je proto možno použít lehčích stožárů, konsol i základů, je snazší montáž a lepší přehled trati a viditelnost signálů. Počítá se, že použitím st. proudu se zvýší životnost vrchní sítě a dotekových ploch proudových sběračů (je menší proud a tlak sběrače na trolej). Střídavý proud 25 kV předpokládá minimální isolační vzdálenost 280 mm. Tam, kde to nelze zaručit a bylo třeba mnoho práce na úpravu, bude se snižovat z 25 na 6,6 kV<sup>12</sup>. Potřebná isolační vzdálenost pak klesne na 100 mm. Tohoto opatření bude nutno použít sítě pod 97 mosty a nadjezdy (z celkového počtu 904 které jsou na trati Londýn Euston – Manchester – Liverpool).

Pro střídavý proud bude použito dvou druhů lokomotiv. První o výkonu 3000 až 3500 k pro rychlíky a výkonu 2500 až 3000 k pro osobní a nákladní vlaky. Lokomotivy budou čtyřosé s uspořádáním náprav BoBo. Pro Londýn – Manchester – Liverpool jich bude třeba 150. Nákladní vlaky s elektrickou lokomotivou mohou mít zátěž až 1250 t na úsecích s 10 % stoupáním. Stejnosměrné elektrické lokomotivy by musely být k témuž účelu šestiosé s uspořádáním náprav CoCo nebo čtyřosé s dvojitou trakcí. Celkem bude třeba v Anglii k elektrisaci tratí střídavým proudem 510 čtyřosých lokomotiv pro osobní a nákladní dopravu a 570 lokomotiv pro tratě, elektrisované stejnosměrným proudem 1500 V. Toho času je ještě lokomotiva střídavý na dražší než na stejnosměrný, avšak po zavedení seriové výroby se ceny vzájemně vyrovnají.

K řadě výhod vozového parku na jednofázový proud náleží ještě lepší spřažení, takže je možno použít lehčích lokomotiv, lehčí řízení, menší potřeba lokomotivního parku, menší specifická spotřeba elektřiny vlivem lepší účinnosti lokomotiv a odstranění ztrát v reostatech, jednodušší a levnější topení a osvětlení vlaků (odpadnou dosud v počtu používané generátory pod vagony). Použitím lehčích lokomotiv s menším tlakem na koleje se sníží opotřebení tratí. Někteří odborníci jsou toho názoru, že největší budoucnost mají lokomotivy a motorové vozy s jednofázovým kolektorovým trakčním motorem, napájeným regulačními transformátory vn. V poslední době se soustřeďuje veškerá pozornost na použití stejnosměrných trakčních motorů, napájených usměrňovači. Přispěly k tomu úspěchy, dosažené v oblasti kovových usměrňovačů a usměrňovačů polovodičových, které pravděpodobně co nejdříve vytlačí rtuťové usměrňovače. Provedené pokusy s použitím prvního motorového vozu na střídavý

---

<sup>12</sup> Zajímavé řešení, bezpochyby vyvolané malým britským železničním průjezdným profilem. Není ale známo, že by bylo někdy použito

*proud, vybaveného germaniovým usměrňovačem o výkonu 750 kW v Anglii na trati Lancaster – Morecambe – Heysham přinesly kladné výsledky. Germaniové usměrňovače jsou jednoduché, mechanicky velmi pevné, chlazené vzduchem, není je třeba bezprostředně před zatížením zahřát.*

*Elektrizaci železnic se zvýší dopravní rychlost, u rychlíků o 10 % a u některých nákladních vlaků až o 100 %.*

*[Električestvo (1957), čís. 2, str. 88-90]*

*Z. Hadrouk“*

Autor pan Hadrouk tedy dokonce čerpal ze sovětských zdrojů, zveřejňujících v té době nejnovější odborné poznatky ze západního světa.

### **Zpět do Československa – série vládních usnesení na téma 50 Hz na železnic z druhé poloviny padesátých let, 723/1956, 1762/1956, 2716/1956 a 127/1957**

Po tomto dobovém exkursu na několik světových kontinentů se vraťme zpět domů. Vzhledem k neustálému zpoždování elektrizace systémem 3000 V ss přijala československá vláda dne 21. března 1956 usnesení č. **723/1956** o *elektrifikaci železničních tratí v letech 1956 – 1960*. Tento – v té době pochopitelně tajný – materiál obsahuje řadu skutečně pozoruhodných informací, a to například, že „*až do roku 1953 nebylo státnímu úřadu plánovacímu ani zúčastněným ministerstvům jasno, zda vzhledem k situaci v energetice se může k elektrifikaci železnice přistoupit.*“ A součástí tohoto usnesení je taktéž *Zpráva o elektrifikaci železničních tratí ministerstva dopravy* ze dne 12. března 1956, kde se mimo jiné píše, že dosud „*nebyla technicky a ekonomicky dokumentována volba soustavy, přestože vláda 23.12.1952 uložila porovnat maďarský systém elektrifikace střídavým proudem 50 c/s s naším systémem stejnosměrným.*“ Proto bylo v této Zprávě navrženo, aby vláda uložila ministru dopravy „*zjistit do 6 měsíců nejnovější poznatky SSSR a Maďarska z elektrifikace železnic střídavým proudem průmyslového kmitočtu, podle možností a z titulu členství v Mezinárodní unii železniční opatřit tyto údaje i od železničních správ západních a do konce roku 1956 podat vládě zprávu, jak bude poznatků využito v elektrifikaci tratí ČSD.*“

V usnesení se dále mimo jiné píše, že „*volba soustavy není v náhradní dokumentaci za úvodní projekt elektrifikace trati Praha – Č. Třebová, schválené ministrem dopravy 31.12.1954 č. 02096/54, zdůvodněna s tím, že je odůvodněna v generálních projektech. V generálních projektech elektrifikace tratí Žilina – Spišská Nová Ves a Praha – Č. Třebová, vypracovaných v letech 1946 – 1948 býv. ústřední projekční kanceláří těžkého strojírenství, jichž se úvodní projekt dovolává, však není volba soustavy 3 kV ss rovněž zdůvodněna.*“ A dále pak, že „*vláda usnesením z 23.12.1952 uložila býv. ministrům železnic a těžkého strojírenství, aby podle usnesení V. zasedání čsl.-maďarské komise pro vědecko technickou spolupráci vyslali do Maďarska pracovníky k porovnání maďarského systému elektrifikace střídavým proudem 50 c/s se systémem stejnosměrným a o výsledku podali zprávu vládám obou států. Úkol daný vládním usnesením dosud splněn nebyl, neboť 2 členové delegace určené býv. ministerstvem těžkého strojírenství (prof. Ing. Dr. Jansa a Ing. Ibl) dosud cestu nevykonali.*“

Tedy jinými slovy československá vláda na jaře roku 1956 konstatovala, že volba systému 3000 V ss, provedená po roce 1945 československým průmyslem, ČSD a Ministerstvem dopravy nebyla nikdy a nijak zdůvodněna, a především že stejnosměrný systém

nebyl v té době porovnán se systémem střídavým 50 Hz, který byl již přítom v té době dostatečně teoreticky a částečně i prakticky znám a experimentálně prověřován.

Na toto vládní usnesení navázalo dne 30. června téhož roku usnesení další číslo č. **1762/1956**, kterým vláda rozhodla **o vyslání odborníků do Francie k získání zkušeností v oboru elektrifikace železnic**. Do Francie měly být vyslány dvě skupiny, první ve složení *Ing. Karel Novák, hlavní inženýr hlavní správy pro elektrizaci železnic, Ing. Jiří Němec, náčelník odboru elektrizace v projekčním ústavu, Ing. Karel Novotný inženýr-expert ústředního odboru pro přezkušování projektů, Ing. Jiří Lízler, hlavní inženýr podniku Elektrizace železnic, Ladislav Lidmila, zaměstnanec elektrického depa Praha – hlavní nádraží<sup>13</sup> a Dr. Antonín Patočka, vedoucí odboru dopravy a spojů státního úřadu plánovacího*. Studijní cesta této skupiny měla trvat čtrnáct dní, měla být uskutečněna koncem června a počátkem července 1956 a měla se zaměřit zejména na otázky projekce a stavby trakčních sítí. Druhá skupina měla mít složení *Ing. Ferdinand Gottmann<sup>14</sup>, náčelník hlavní správy pro elektrizaci železnic, Ing. Dr. František Jansa, prorektor vysoké školy železniční, Ing. Václav Klíma, technický odborný referent ministra dopravy, Ing. Jaroslav Hanyk, náčelník odboru pro elektrizaci vědecko-výzkumného ústavu dopravního a Ing. Jiří Fejt, náčelník technického odboru hlavní správy elektrizace železnic*. Studijní cesta této skupiny měla trvat čtyři týdny a měla se uskutečnit v září 1956. Její náplní mělo být studium „*provozního zajištění měniren a vozidel, otázek energetického napájení a spotřeby a otázky provozních vlastností lokomotiv různého provedení a jejich vzájemného srovnání, a to jak u systému stejnosměrného, tak i u systému jednofázového průmyslového kmitočtu.*“ V odůvodnění těchto studijních cest mimo jiné stojí, že je podle předběžné dohody měla organizovat *Národní společnost francouzských drah*, tedy SNCF.

Obě cesty se nakonec opravdu uskutečnily, jak nás 17. září 1956 informuje Ing. Gottmann:<sup>15</sup> „*Vládním usnesením č. 1762 ze dne 30.6.1956 bylo povoleno vypravit do Francie k SNCF studijní delegaci za účelem seznámení se s tamními zkušenostmi s výstavbou a provozem elektrifikace železnic. Delegace byla rozdělena na dvě skupiny, z nichž první skupina absolvovala své studium v červenci t.r. Druhá skupina odjíždí 24.9. t.r. Jelikož výsledky studia první skupiny zaměřené na organizaci a pracovní postupy při výstavbě vedení byly díky neobyčejné ochotě zástupců SNCF velmi bohaté lze čekat, že i druhá skupina přiveze cenné informace a zkušenosti.*“

*Považujeme proto za vhodné, aby jako výraz úcty a díky odevzdala naše delegace představiteli SNCF generálnímu řediteli Luis Armandovi<sup>16</sup> i určenému průvodci naší delegace*

---

<sup>13</sup> Toto depo provozovalo v roce 1956 pouze předválečné lokomotivy na 1500 V ss a epizodně též několik prvních lokomotiv E 499.0

<sup>14</sup> Ing Ferdinand Gottmann byl velmi zajímavou osobností československé železniční historie poloviny 20. století a v námi sledované době především byl velkým propagátorem zavedení střídavé soustavy 25 kV/50 Hz na tratích ČSD. V letech 1956 až 1958 byl náčelníkem *Ústřední (někdy též Hlavní) správy pro elektrifikaci železnic, HS010*, na ministerstvu dopravy  
O jeho životě viz např. zde [http://biography.hiu.cas.cz/Personal/index.php/GOTTMANN\\_Ferdinand\\_27.5.1906-6.10.1980](http://biography.hiu.cas.cz/Personal/index.php/GOTTMANN_Ferdinand_27.5.1906-6.10.1980) nebo zde <https://www.horosvaz.cz/historie-horolezectvi/osobnosti/27-kucera-oktabec-eichler-gottmann/>, vyhledáno 7.12.2020

<sup>15</sup> Národní archiv Praha-Chodovec, Fond Ministerstvo dopravy II, karton 478, spis č.j. 47719/56

<sup>16</sup> Luis Armand viz např. [https://en.wikipedia.org/wiki/Louis\\_Armand](https://en.wikipedia.org/wiki/Louis_Armand), vyhledáno 10.7.2023



*vhodné upomínkové dárky a žádám proto o poskytnutí obnosu 400,- Kčs na jejich zakoupení.<sup>17</sup>*

Vládní usnesení **2716/1956** ze 4. prosince 1956 nese název *O technickém rozvoji v dopravě a systému 50 Hz se dotýká jen velmi okrajově obecnou formulací „rozšiřovat elektrifikaci železničních tratí tak, aby podíl elektrické trakce činil v roce 1960 nejméně 24 % a v roce 1965 nejméně 42 % počtu hrtkm všech trakcí, a zaměřit se na postupné použití elektrického proudu průmyslového kmitočtu“.*

Zásadnější je vládní usnesení **127/1957** z 30. ledna 1957 s názvem *Ke zprávě ministra dopravy o využití poznatků z elektrifikace železnic jednofázovým proudem průmyslového kmitočtu*. Toto usnesení uložilo „*ministru dopravy projednat*

*a/ s ministrem těžkého strojírenství vývoj elektrických lokomotiv a napájecích stanic pro střídavou jednofázovou trakci průmyslového kmitočtu,*

*b/ do konce roku 1957 s ministrem energetiky způsob napájení střídavé jednofázové trakce z rozvodného energetického systému.“*

Podkladový materiál k tomuto usnesení je velice rozsáhlý a proto si z něj ocitujeme jen některé vybrané části, jako např., že *„je jednofázovým proudem průmyslového kmitočtu elektrifikováno v Maďarsku 180 km, v Německu 56 km, ve Francii 348 km, v Belgickém Kongu 105 km<sup>18</sup>, v Anglii 6 km a SSSR 140 km železničních tratí. Mimo to se tímto systémem provádí elektrifikace kratších tratí předměstské dopravy v Portugalsku a Turecku.“*

A dále pak *Stanovisko úřadu předsednictva vlády: „Hlavním problémem střídavé trakce jsou vyhovující lokomotivy, jejichž usměrňovače jsou dosud předmětem vývoje. Na francouzských železnicích se střídavý proud transformuje z 25.000 V na 600 V a pak se rtuťovými usměrňovači (ignitrony) namontovanými na lokomotivách usměrňuje pro napájení stejnosměrných trakčních motorů. Tyto ignitrony jsou však velmi těžké a vyžadují mimo to speciálních zapalovacích zařízení. Technicky daleko dokonalejší jsou proto usměrňovače polovodičové (použití germania nebo silicia), jichž se používá v SSSR, Anglii a USA, a které jsou podstatně jednodušší, mají větší účinnost a nepotřebují další obsluhu a údržbu. Také Československé akademii věd se podařilo sestavit prototyp germaniového usměrňovače, který má být sériově vyráběn v závodě ČKD Stalingrad v Praze.“*

### **Další vývoj v Československu, usnesení 279/1959 a pokus o stavbu a provozování turbínové lokomotivy**

Dnes je bohužel známo, že ani po výše popsáných pokusech o změnu situace – a to až z nejvyšších míst – k žádným změnám nedošlo a vývoj se na československé železnici i ve druhé polovině padesátých let ubíral cestou stejnosměrného systému a pokusy s turbínovou lokomotivou. Na téma zavedení systému 50 Hz u ČSD bylo proto 8. dubna 1959 přijato další vládní usnesení č. 279/1959 *„o dalším postupu při elektrizaci železnic a o průběhu dosavadní*

---

<sup>17</sup> Tyto *vhodné upomínkové dárky* zakoupeny byly. Suma 400 Kčs byla rozdělena na 250 Kčs pro pana Louise Armanda a 150 Kčs *určenému průvodci*. V obchodním domě Bílá labuť byly zakoupeny *automatické tužky a tuhy* za 51,50 Kčs, *2 dosy, košíček a 1 váza* za celkem 193,50 Kčs a *2x pravá slivovice se zálohou* za 151,60 Kčs; celkem tedy bylo na *vhodné upomínkové dárky* vynaloženo 396,60 Kčs. U položky *2x pravá slivovice se zálohou* je navíc ještě uvedeno, že *lahve nemohou být vráceny, protože byly vzaty jako dárek při služ. cestě do Francie.*

<sup>18</sup> Trať Jadotville – Tenke, viz výše

*přípravy přechodu na elektrizaci střídavým proudem průmyslového kmitočtu.“ V usnesení vláda v části I nejprve vzala na vědomí, že „1. elektrizace železnic střídavým proudem průmyslového kmitočtu je systém progresivnější a výhodnější než systém stejnosměrný a že proto elektrizace druhého, tzv. jižního tahu s přílehlými úseky o celkové délce 1.355 km bude provedena střídavým systémem. Prokáže-li se v souvislosti se sestavou třetího pětiletého plánu a zkouškami s turbinovou lokomotivou motorizace zbývajících tratí ČSD jako efektivnější a účelnější, navrhne ministr dopravy vládě případné změny programu elektrizace v návrhu třetího pětiletého plánu; 2. že ministr dopravy ve spolupráci s ministrem státní kontroly a ministrem-předsedou Státního úřadu plánovacího za účelem zvýšení efektivity elektrizace vydá do jednoho měsíce opatření k odstranění technických nedostatků na elektrifikovaných úsecích a tak rázně skoncuje s dosavadním nepřijatelně dlouhým řešením.“ A dále pak v části II uložila ministru dopravy „1. v předstihu elektrizovat střídavým proudovým systémem trať Plzeň – České Budějovice tak, aby na úseku Plzeň – Babín<sup>19</sup> mohly být zahájeny provozní zkoušky tohoto systému v roce 1962, 2. nejpozději do konce dubna 1959 uplatnit u ministra těžkého strojírenství podle nových poznatků požadavky na výrobu lokomotiv střídavého proudového systému a na napájecí zařízení, 3. o opatřeních provedených podle části I bodu 2. tohoto usnesení a o celé problematice přípravy na přechod na elektrizaci střídavým proudem průmyslového kmitočtu, spolu s návrhy potřebných kádrových opatření, informovat do 15. května 1959 politické byro ústředního výboru Komunistické strany Československa.“*

Toto vládní usnesení z 8. dubna 1959 tak lze konečně považovat za skutečný počátek rozvoje střídavého systému 25 kV/50 Hz v Československu. Jeho přijetí ale předcházela tvrdá polemika na nejvyšších místech, a to především mezi ministrem dopravy a ministrem státní kontroly. Zejména reakce *ministerstva státní kontroly*, které reprezentoval ministr Josef Krosnář<sup>20</sup>, na argumentaci *ministerstva dopravy* je velmi zajímavá a dnes překvapí vysokou mírou otevřenosti a nepochybné odborné fundovanosti jejích autorů. Tato zpráva<sup>21</sup> byla sepsána někdy v březnu 1959 a píše se v ní toto:

*„1. Vedoucí pracovníci ministerstva dopravy bývalý náměstek ministra inž. Volf, bývalý I. náměstek Kalina a náměstek inž. Vošahlík, jakož i někteří o věci blíže neinformovaní pracovníci provozních útvarů ministerstva po špatných zkušenostech z počátků elektrizace vůbec zaujímali k elektrizaci železnic jednofázovým systémem průmyslového kmitočtu od počátku odmítavý postoj, ač všechny technicky vyspělé státy se na použití tohoto nejvýhodnějšího trakčního systému zaměřily. Zavádí ho i Anglie, jako třetí systém elektrizace své železniční sítě.“<sup>22</sup>*

*Ministerstvo dopravy proti zavedení druhého systému uvádělo,*

*a/ že elektrizace střídavým proudem je kapitalistická reklama, k níž nemá SSSR důvěru. Ukázalo se však, že přímo v SSSR byly prokázány velké přednosti tohoto systému, který se zde stává systémem převládajícím.“<sup>23</sup>*

<sup>19</sup> Dnes stanice Horažďovice předměstí

<sup>20</sup> Josef Krosnář byl dost významný, ale dnes již poněkud pozapomenutý, komunista. Viz např. [https://cs.wikipedia.org/wiki/Josef\\_Krosn%C3%A1%C5%99](https://cs.wikipedia.org/wiki/Josef_Krosn%C3%A1%C5%99), vyhledáno 6.7.2023

<sup>21</sup> Národní archiv Praha-Chodovec, Fond Ministerstvo dopravy II, nezpracovaná část, spis č.j. 584/59

<sup>22</sup> Viz i výše uveřejněné texty z časopisu Elektrotechnický obzor

<sup>23</sup> Argument velmi silného kalibru. V tehdejších podmínkách prakticky nerozporovatelný. A mimo jiné potvrzený výše popsanou dodávkou francouzských lokomotiv řady Φ do SSSR



b/ že jsme malý stát, takže si nemůžeme dovolit dva proudové systémy podobně jako Belgie, která se také rozhodla pokračovat v elektrizaci jen starým stejnosměrným systémem. Nesprávnost tohoto tvrzení byla vyvrácena vlastní zprávou z cesty pracovníků ministerstva dopravy do Belgie, podle níž v této zemi velké asi jako Morava, byla již dříve zavedena elektrizace stejnosměrným systémem na třinácti úsecích, takže zbývalo jen na třech místech tyto propojit, po případě prodloužit v celkové délce 80 km.

c/ že zavedení střídavého proudu by bylo v rozporu se zájmy obrany státu. Tento názor vyvrátil na dotaz ministra státní kontroly ministr národní obrany dopisem ze dne 17.6.1958 č. 06537, podle něhož je i z hlediska obrany státu systém střídavého proudu výhodnější pro svou jednoduchost, provozní spolehlivost a menší zranitelnost.

d/ že přechodové stanice mezi oběma systémy by znamenaly ohrožení plynulosti dopravy. Ukázalo se, že v SSSR byl tento problém hladce vyřešen synchronizací přepínání proudu v troleji se stavěním jízdních cest, takže nedochází k potížím.<sup>24</sup>

e/ že systém střídavého proudu je levnější než stejnosměrný jen na papíře, ve skutečnosti že je podle sovětských zkušeností dražší. To uvedl při jednání 30.10.1958 u náměstka předsedy vlády s. Poláčka náměstek ministra dopravy inž. Vošahlík. Na písemný dotaz ministerstva státní kontroly pak uvedl, že pro toto tvrzení nemá podkladů.

Po vyvrácení všech uvedených námitek odjela skupina odborníků koncem roku 1958 do SSSR, kde byly přednosti elektrizace střídavým proudem potvrzeny a zvláštní komise odborníků ministerstva dopravy ustavená náměstkem ministra s. Pospíšilem po podrobném prostudování problému jednoznačně doporučila zavedení tohoto systému u ČSD. Ministr dopravy proto teprve nyní přiznává výhodnost použití střídavého proudu, realizaci však opět váže na podmínku, že nebudou úspěšné zkoušky s turbinovou lokomotivou.

2. Plynové turbíny jsou nesporně novým tepelným motorem a je nutné podpořit a urychlit jejich vývoj. Těžko však mohou být uváděny jako trakce nahrazující elektrizaci. I když o československé turbíně nejsou ještě k dispozici potřebné údaje, klesá podle sovětské i ostatní světové literatury účinnost turbinové lokomotivy (asi 16 %) v podmínkách jaké jsou např. u ČSD (hustý provoz s častějším zastavováním) na úroveň účinnosti parních lokomotiv (pod 10 %). Pro turbinové lokomotivy je vhodný jen dálkový provoz, jaký se vyskytuje např. v řídce osídlených oblastech se zastavováním vlaků asi po 500 km.

Turbinová trakce je v provozu o 15 % dražší než stejnosměrná a o 25 % než střídavá elektrická. Náklady na palivo se nemění ani použitím oleje místo dvakrát dražší nafty, poněvadž oleje se spotřebuje dvojnásobné množství. Použití odpadových tuhých olejů zase předpokládá jejich předehřívání na asi 80°, což opět provoz značně zdražuje. To bylo konstatováno i na zasedání technickoekonomické rady ministra dopravy dne 20.2.1959.

3. Ministr dopravy ve zprávě neuvádí, že zavedení elektrizace střídavým proudem by železnice dostaly techniku, která by vyhovovala i perspektivně nové technologii dopravy, zejména z hlediska těžkotonážního hnutí. Tomu stejnosměrný bez nákladných dodatečných investic nevyhovuje.

---

<sup>24</sup> Takto komplikované řešení ale nebylo v budoucnu ani potřeba, viz stanice Kutná Hora hn.

4. Zpráva je sestavena jen z úzkého resortního hlediska dopravy, neuvažuje, že výroba elektrických lokomotiv byla v RVHP určena Československu, které se také na tento výhodný vývozní artikl výrobně zařídilo. Počítá-li se s tím, že po roce 1963 nebude už ve světě zájem o elektrické lokomotivy stejnosměrného systému<sup>25</sup>, pak musí strojírenství ihned vytvářet podmínky k tomu, aby veškerá zařízení pro systém střídavého proudu, včetně lokomotiv, mohla být u nás vyzkoušena, jinak bychom zůstali stranou a nikdo by s námi jako výrobci nepočítal.

5. Zpráva vůbec neuvažuje ani výhledově přeměnu tratí dnes elektrizovaných stejnosměrným systémem na progresivní systém střídavého proudu, ač na úsecích dnes rozestavených neb připravovaných by mohlo být bez zvýšení nákladů s touto možností počítáno např. při úpravě izolačních vzdáleností, čímž by se ušetřily později zbytečné náklady (např. nové zvyšování nadjezdů). Možnost použití polovodičů v nejbližších letech a značné provozní úspory systému střídavého proudu tuto přeměnu plně odůvodňují.

6. Ve zprávě ministr dopravy uvádí, že bude případné použití střídavého proudového systému konsultováno se sovětskými odborníky. K tomu je třeba poznamenat, že tyto konsultace již byly provedeny v prosinci 1958, neboť náčelník technického odboru ministerstva dopravy inž. Jungman a ostatní odborníci ve zprávě o cestě do SSSR uvádějí:

‘Podle našeho názoru získaného z konzultací se sovětskými odborníky není třeba budovat v ČSR zkušební úsek jen pro zkoušení jednotlivých zařízení střídavé trakce, je však účelné zelektrizovat jednofázovým systémem 50 Hz traťový úsek 80 – 100 km asi s dvouročním předstihem, aby bylo možno na něm ověřit provozní otázky této trakce, po případě přechodu a hlavně aby bylo možno včas provést řádnou přípravu pracovníků jak technických, tak dopravních.’

Proto k zahájení výstavby střídavého proudového systému již není třeba dalších konzultací, neboť by to vedlo jen k zbytečným průtahům.

7. Z návrhu usnesení není zřejmé, zda ministr dopravy se zprávou o výsledcích zkoušek turbinové lokomotivy také předloží také celkový technickoekonomický rozbor jejího použití, tj. zejména porovnání provozních nákladů, nákladů na sesílení tratí a objektů, na úpravy v depech, na postavení dílen pro opravy turbin ap. Bez takového rozboru by nebylo možné o použití turbin na ČSD rozhodnout.

Proto je nutné, aby vláda uložila:

a/ ministru dopravy, aby do 1 měsíce předložil vládě zprávu, jakých dodatečných investic na všech již elektrifikovaných tratích je zapotřebí, aby zařízení stejnosměrného systému plně vyhovovalo technologii provozu, zejména jízdě velkotonážních vlaků i s ohledem na plánované zvýšení dopravy a současně oznámil, v jakých termínech budou opatření provedena.

b/ ministru dopravy, aby se zprávou o výsledku zkoušek turbinové lokomotivy počátkem II. pololetí 1959 současně předložil vládě technickoekonomický rozbor pro použití této lokomotivy na tratích ČSD, tj. zejména porovnání provozních nákladů, nákladů na sesílení tratí a objektů, na úpravy v depech, zřízení dílen pro opravy turbin apod.

---

<sup>25</sup> Toto je na druhou stranu až extrémní představa, který se též nenaplnila

c/ ministru dopravy, ministru těžkého strojírenství a ministru všeobecného strojírenství, aby bez ohledu na výsledek zkoušek turbinové lokomotivy urychlili elektrizace jednofázovým proudem průmyslového kmitočtu některé trati vedoucí z Plzně, jakož i výrobu zařízení včetně prototypu lokomotivy tak, aby provozní zkoušky všech zařízení mohly být zahájeny v původním termínu v roce 1961, v krajním případě v roce 1962.

Ministr státní kontroly:

K r o s n á ř v.r.“

Kromě toho vznikla zhruba ve stejné době na tomtéž ministerstvu ještě zpráva nazvaná *O prověrce využívání elektrifikovaných tratí plným elektrickým provozem a o oddalování přípravy elektrifikace tratí střídavým proudem průmyslového kmitočtu.*<sup>26</sup> Tato zpráva je velice rozsáhlá a z velké části se zabývá závažnými problémy a nedostatky elektrizace tratí a provozu systému 3000 V ss v té době. Problematiky (ne-)zavádění systému střídavého systému 50 Hz se týká několik odstavců, opět velmi otevřených a odborně velice fundovaných: „*Ministerstvo dopravy z části plnilo úkoly uložené vládou k zavedení elektrifikace ČSD střídavým proudem průmyslového kmitočtu, zejména usnesením vlády z 30. ledna 1957 č. 127, a to až do konce roku 1957, kdy byl s ministerstvem těžkého strojírenství dohodnut vývoj jednofázové lokomotivy šestinápravové, napájecích zařízení a s ministerstvem energetiky a vodního hospodářství způsob napájení z energetické rozvodné soustavy. Současně byl připraven úvodní projekt na elektrifikaci střídavým proudem v úseku Plzeň – Ražice*<sup>27</sup>, kde měla být všechna zařízení v provozních podmínkách ČSD ověřena.

Počátkem roku 1958 však ministr dopravy veškeré další práce na elektrifikaci střídavým proudem zastavil, plnění vládních usnesení se oddalovalo a pro jednání kolegia dne 2. července 1958 předložil býv. náměstek ministra s. inž. Volf návrh na definitivní odmítnutí elektrifikace střídavým proudem. Když se všechny předchozí námitky proti použití tohoto progresivního systému elektrizace železnic ukázaly jako neopodstatněné, váže nyní ministr dopravy rozhodnutí o zavedení jednofázového na výsledky zkoušek s turbinovou lokomotivou. Přitom plnění konkrétních úkolů v přípravě elektrifikace střídavým proudem má být nahrazeno časově neomezenou účastí na výzkumu a vývoji tohoto systému v SSSR, ač systém je již natolik znám a prakticky používán, že stačí jen jeho ověření v konkrétních provozních podmínkách ČSD. Ministerstvo dopravy mimo to několikrát změnilo názor, zda má být vyvíjena jednofázová lokomotiva šestinápravová nebo čtyřnápravová, což zbytečně oddaluje vývoj příslušného prototypu v LZ Plzeň. Podle usnesení vlády č. 127/1957 dohodlo ministerstvo dopravy s ministerstvem těžkého strojírenství vývoj šestinápravové lokomotivy pro střídavý systém. Vývoj, výroba a zkoušky prototypu byly zařazeny do plánu technického rozvoje LZ Plzeň s termínem ukončení zkoušek v roce 1961. Pro pochybnosti ministra dopravy s. dr. Vlasáka<sup>28</sup> a jeho náměstků inž. Vošahlíka a býv. náměstků inž. Volfa o zavedení střídavého systému v ČSR vývojové práce nepokračovaly podle plánu. Komise odborníků, vedená inž. Jirsákem z technického odboru ministerstva dopravy, která byla koncem roku 1958 k posouzení problému ustanovena náměstkem ministra dopravy s. Pospíšilem,

<sup>26</sup> Národní archiv Praha-Chodovec, Fond Ministerstvo dopravy II, nezpracovaná část, spis č.j. 584/59

<sup>27</sup> Úsek Plzeň – Ražice je dlouhý 90 km, a tedy přesně odpovídá výše uvedenému sovětskému doporučení „je však účelné zelektrizovat jednofázovým systémem 50 Hz traťový úsek 80 – 100 km asi s dvouročním předstihem“

<sup>28</sup> RNDr. František Vlasák je poměrně zajímavá postava československé historie. Viz např.

<https://www.vlada.cz/cz/clenove-vlady/historie-minulych-vlad/prehled-vlad-cr/1969-1990-csr/josef-korcak-5/frantisek-vlasak-50996/> nebo [https://cs.wikipedia.org/wiki/Franti%C5%A1ek\\_Vlas%C3%A1k](https://cs.wikipedia.org/wiki/Franti%C5%A1ek_Vlas%C3%A1k), vyhledáno 6.7.2023

doporučila vývoj lokomotivy čtyřnápravové, ministerstvo těžkého strojírenství však zatím nebylo o změně oficiálně zpraveno. Vzhledem k tomu, že v přípravě elektrifikace střídavým proudem již byly zameškány dva roky, jeví se tento postup jen jako další odsunutí přechodu na elektrifikaci střídavým systémem.“

A dále ještě následuje popis situace kolem vývoje turbinové lokomotivy: „První prototyp turbinové lokomotivy totiž byl vyvinut tak, že parametry nevyhovují podmínkám provozu u ČSD. Tlak na bm podvozku 13,5 t převyšuje normu o 4,5 t a znamená nepřijatelné namáhání mostních konstrukcí, zejména do rozpětí 7 m a zásoba paliva asi 3,5 t je malá, ČSD požadují zvýšení asi na 11 t, což ovšem zase znamená další zatížení podvozků. Umístění paliva do přípojného tendru by naproti tomu zase znamenalo buď ve vratných stanicích lokomotivu obracet a za tím účelem v depech postavit točny delší než jakých se dosud používá nebo tendr odpojovat a lokomotivu jej objíždět po další volné staniční koleji. Dnešní dva převodové stupně neumožňují hospodárné využití lokomotivy, proto ČSD požadují další převodový stupeň. To jsou jen některé závažné problémy, které bude nutno vyřešit. Druhý prototyp je již tak rozpracován, a to ve stejném provedení jako první, že na něm nelze již provést požadované úpravy ani uplatnit poznatky z provozu prvního prototypu. Poněvadž první prototyp zkoušený od 22. prosince 1958 převážnou většinu času prostál v opravě a pokud jezdil tak jen bez zátěže, není známa jeho trakční charakteristika ani provozní ekonomika. Dosavadní zkoušky jsou vlastně teprve počátkem experimentálního ověřování vhodnosti turbiny pro železniční trakci. Vyhovění požadavkům ČSD – nehledíme-li na celou řadu dalších nevyřešených problémů, by znamenalo úplné překonstruování prototypu, takže nelze reálně předpokládat že by bylo možné v dohledné době odpovědně rozhodnout o zavedení turbinových lokomotiv do provozu ČSD. Turbinové lokomotivy mají ostatně stejný charakter nezávislé trakce jako ostatní motorové, popříp. dieselové lokomotivy, na jejichž vývoj se také použítí střídavého proudu nijak neváže. Výsledky zkoušek turbinové lokomotivy by vlastně měly ovlivnit především rozsah elektrifikace nákladným a v provozu méně vyhovujícím stejnosměrným systémem, kde by se výhody turbinové lokomotivy uplatnily mnohem výrazněji a kde by s ohledem na větší únosnost železničního svršku a spodku byly spíše použitelné.

Ministr státní kontroly:

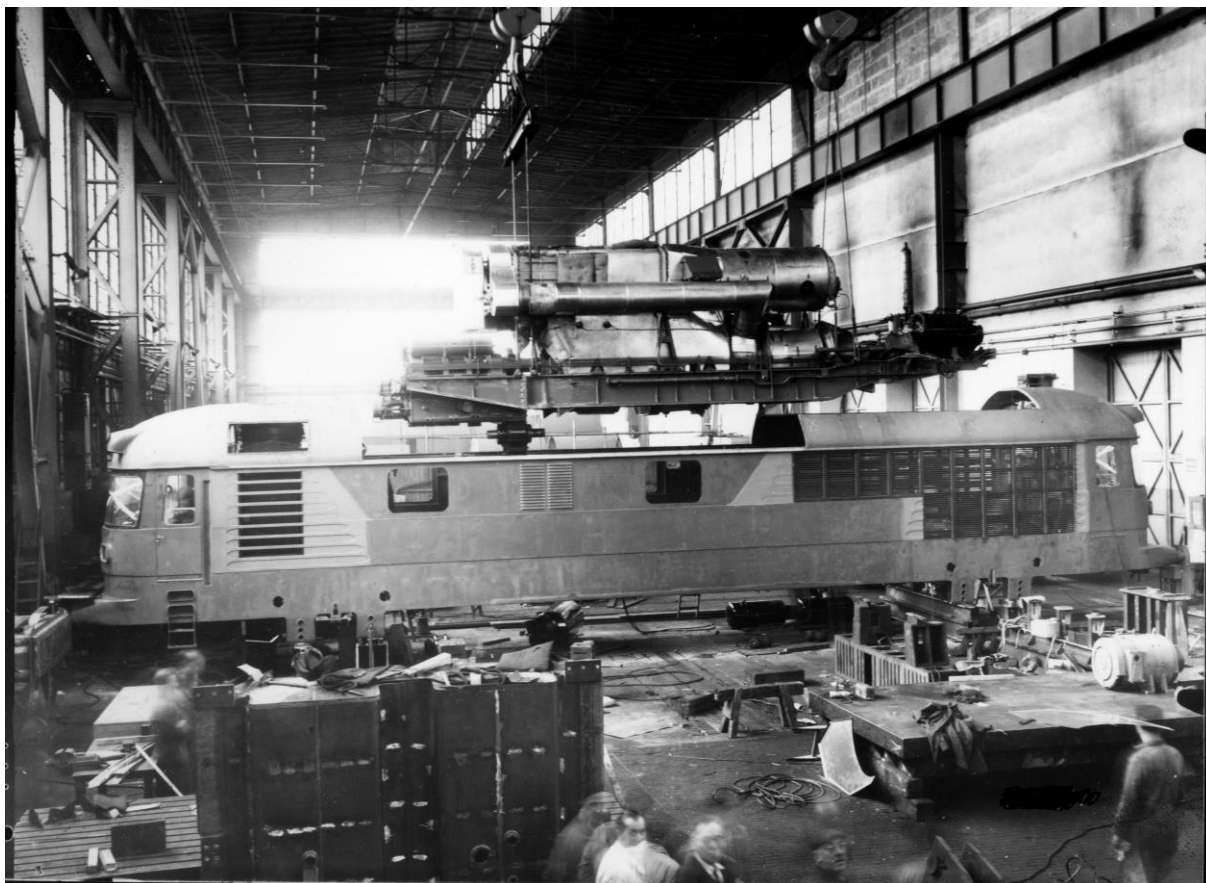
K r o s n á ř v.r.“

Dle vládního usnesení 279/1959 z 8. dubna 1959 tedy bylo rozhodnuto elektrizovat systémem 25 kV/50 Hz trať Plzeň – Babín (– České Budějovice), nicméně ale investiční úkol na elektrifikaci tratě Plzeň – České Budějovice byl schválen až 13. srpna 1959.<sup>29</sup> Toto zdržení bylo způsobeno úvahami elektrizovat systémem 25 kV/50 Hz jiné tratě, v první řadě trať Plzeň – Domažlice, dále pak Plzeň – Žatec a Plzeň – Zdice.<sup>30</sup> Nejpodstatnější část argumentace pro elektrizaci tratě Plzeň – Domažlice, kterou prosazoval Náčelník Plzeňské dráhy, rozhodně stojí za ocitování: „realizací zkušebního provozu na trati Plzeň – České Budějovice by bylo narušeno využití turbinové, případně dieselové trakce v tahu Chomutov – Cheb – Plzeň – Č.Budějovice – Jihlava – Štúrovo, jakož i to, že předpokládané, příznivě konané zkoušky s turbinovou lokomotivou podstatně ovlivní rozsah zamýšlené elektrifikace tratí střídavým proudem, jak vyplývá i ze samotného vládního usnesení č. 279 ze dne 8.4.1959. Další

<sup>29</sup> Národní archiv Praha-Chodovec, Fond Ministerstvo dopravy II, nezpracovaná část, spis č.j. 32220/59

<sup>30</sup> Národní archiv Praha-Chodovec, Fond Ministerstvo dopravy II, nezpracovaná část, spis č.j. 20491/59

důvodem je i to, že v třetí 5LP jsou pro ČSD objednány el. lok na střídavý proud pouze 2 ks, pro rok 1962 a 3 ks pro rok 1963, proti 50 ks lokomotivám turbinovým.“



Obrázek č. 6:

Turbínová lokomotiva TL 659.0 byla bezesporu krásná a technicky mimořádně zajímavá, což dosvědčuje i tento snímek z montážní haly LZ v Plzni. Je na něm zachycena instalace hnacího turbínového agregátu do strojovny první lokomotivy v lednu 1958. Nicméně neúspěch těchto lokomotiv znamenal krátké, ale osudové zdržení rozvoje střídavého napájecího systému na síti ČSD.

*Zdroj: Státní oblastní archiv v Plzni, fond Škoda Plzeň, fotografická dokumentace*

Z těchto dokumentů jasně plyne jedna věc – zdržení elektrizace tratí ČSD systémem 25 kV/50 Hz, na níž byly práce zahájeny počátkem roku 1957 a které běžely celý tento rok, viz výše, bylo z největší části způsobeno vývojem turbínové lokomotivy (pozdější řady TL 659.0), přičemž víra v její úspěch neopouštěla některé důležité činitele ještě v roce 1959. Bohužel dnes víme, že toto zhruba (zdánlivě jen) dvouleté zdržení bylo pro československou železnici a průmysl kritické, neboť jednak rozvoj systému 3 kV ss dosáhl takového rozsahu, že již nemohl být střídavým systémem jednoduše a levně nahrazen, a také že mezitím dosáhli západoevropští výrobci lokomotiv a dalších technologií takové technické i obchodní úrovně, které nemohl československý průmysl bohužel vůbec konkurovat. To se ostatně velmi brzy projevilo v balkánských zemích, které s výjimkou jediného Bulharska svojí technikou zcela ovládla švédská firma ASEA a ve zbytku celého světa, který pro změnu opanovalo konsorcium firem 50 c/s Group, postupně vznikající již od roku 1954 a jehož prvními úspěchy byly výše popsané předměstské systémy v Istanbulu a Lisabonu, dodávka lokomotiv řady  $\Phi$  do

Sovětského svazu a konečně od konce padesátých let dodávky lokomotiv a dalších zařízení do Indie.

Postupné zahájení provozu na první trati ČSD elektrizované tímto systémem, tedy Plzeň – Horažďovice v letech 1962 – 1963 ani předvádění lokomotivy 39 E, konkrétně E 479.002, na Predealu v červnu 1963<sup>31</sup> již na této situaci nic nezměnilo. Jediným čestným československým úspěchem té doby tak zůstává export střídavých lokomotiv do Bulharska, ale to je už jiná a dostatečně známá historie.

### **Epilog: roky 1960 – 1961 a studie SÚDOP o konverzi stejnosměrného systému na systém střídavý**

Posledním pokusem změnit tuto situaci a zavést u ČSD jednotný systém 25 kV/50 Hz byla studie SÚDOPu z roku 1960, řešící konverzi tehdejší stávajících tratí elektrizovaných stejnosměrnými systémy 1,5 kV (v Praze) a 3 kV (na zbytku sítě). Studie popisovala historický vývoj systému 25 kV/50 Hz a na konkrétním případě tehdy jednofázovým systémem elektrizované trati Plzeň – Horažďovice-Babín – České Budějovice ukázala možnosti zavedení tohoto systému na celé síti ČSD, včetně přestavby tratí již elektrizovaných oběma stejnosměrnými systémy. Na tuto studii ještě na podzim roku 1961 navázala další studie, nazvaná *Studie přechodu na jednofázovou trakci*, která se zabývala konkrétním provedením úprav stávajících trakčních vedení systému 3 kV ss na systém jednofázový, rozsahem nově elektrizovaných tratí a návrhem umístění napájecích stanic 25 kV na celé síti ČSD.

Pro úplnost ještě dodejme, že stejná instituce vypracovala podobnou studii ještě v roce 1988, a to především z důvodu tehdy již velmi vysokých a neúnosných nákladů na eliminaci následků koroze vyvolané bludnými proudy okolo tratí ČSD elektrizovaných stejnosměrným systémem. Zajímavostí je, že tato studie zmiňuje dvě vládní usnesení ze šedesátých let, č. 264 z 13. května 1964 a 38 z 10. února 1965, dle kterých měla být elektrizace tratí ČSD stejnosměrným proudem nejdříve postupně utlumována a následně měl být všude zaveden jen střídavý systém.

Jak dnes ale víme nic z těchto návrhů nebylo realizováno a v Československu a po roce 1992 ještě i v České republice a na Slovensku tak byly vedle sebe rozvíjeny dva odlišné napájecí systémy, stejnosměrný 3 kV a střídavý 25 kV/50 Hz<sup>32</sup>, a toto nepříjemné dědictví si železnice obou nástupnických států sebou nesou dodnes. Teprve v posledních letech, mimo jiné v přímé souvislosti s liberalizací evropské železnice, se oba národní správci železniční infrastruktury, tedy česká *Správa železnic* a slovenské *Železnice slovenskej republiky*, rozhodly provést postupnou konverzi stejnosměrného systému na systém 25 kV/50 Hz, a to za využití nejnovějších technologií, zejména v oblasti napájení. V obou zemích se však jedná o velmi dlouhodobé procesy s dnes neznámými termíny dokončení, neznámými náklady a neznámými dopady na železniční dopravu, zejména během výlukových a stavebních prací.

---

<sup>31</sup> Viz např. <http://www.prototypy.cz/?rada=S699.0>, vyhledáno 12.8.2024

<sup>32</sup> V samostatné ČR byly stejnosměrným systémem elektrizovány tratě Hradec Králové hn – Jaroměř (1993), Letohrad – Lichkov st.hr. (2008), Zábřeh na Moravě – Šumperk – Kouty nad Desnou (2010/2016), Louka u Litvínov – Litvínov (2020) a Olomouc hn – Šumperk (2022), v SR pak tratě Prešov – Plaveč (1997), Čaňa – státní hranice SR/Maďarsko (– Hidasneméti) (1997) a Čadca – státní hranice SR/Polsko (– Zwardoń) (2002)

## **Závěr**

V obou dílech popsaná „prehistorie“ rozvoje jednofázového systému 50 Hz v Evropě a tehdejším Československu je bezpochyby zajímavá a v mnoha ohledech stále neprobádaná a neznámá. A jelikož tento dvoudílný text nemohl všechny souvislosti ani zdaleka pojmut vrátíme se v blízké budoucnosti k historii elektrizace světové železnice ještě jednou, a to v rozsáhlejšímu cyklu, který si klade nemalý cíl popsat vývoj, který vedl od prvních jednoduchých stejnosměrných systémů přes pokusy s trojfázovým pohonem, jednofázovým pohonem o snížené frekvenci, opět stejnosměrným proudem o vyšších napětích nakonec k jednofázovým systémům o průmyslové frekvenci 50 Hz.

### **Lektorovali:**

Ing. Jiří Pohl, Siemens Mobility

Ing. Milan Šrámek, Škoda Transportation