

Ivan Kemr a kolektiv

Přínos VÚŽ k rozvoji elektrotechniky a energetiky v kolejové dopravě

Klíčová slova: *historie, výzkum, zkušebnictví, železnice, elektrotechnika, energetika.*

Úvod

Aplikace elektrické energie v kolejové dopravě byla od počátku doménou významných výrobců elektrotechnických zařízení, ať již domácích nebo zahraničních. Postupně se však do problematiky zapojovali i odborníci pracující přímo u železnice. Se vznikem specializovaného železničního výzkumu bylo samozřejmé, že svoje neopomenutelné místo mezi výzkumníky budou muset mít i pracovníci zaměřeni právě na železniční elektrotechniku, která rychle pronikala do sféry vozidel, jejich trakčního pohonu a pomocných pohonů a zařízení, do sféry energetického napájení trakčních vozidel i stacionárních drážních zařízení a do sféry zařízení zabezpečovacích a sdělovacích. Proto již v prvním **Výzkumném a zkušebním ústavu ČSD**, založeném v roce 1950, byl jedním z pěti pracovních úseků i "Výzkum elektrotechnický".

Ing. Jiří Bečka, CSc., nar. 1930, absolvent ČVUT FEL r. 1953, bývalý vedoucí oddělení elektrických hnacích vozidel VVO3 VÚŽ

Ing. Zdeněk Beneš, CSc., nar. 1939, absolvent ČVUT FEL r. 1968, vědecký pracovník TÚDC ČD, bývalý pracovník oddělení elektrotechniky a energetiky VVO6 VÚŽ

Ing. Miloš Hájek, CSc., nar. 1938, absolvent VŠD KETE r. 1961, vědecký pracovník oddělení elektrických hnacích vozidel VO3 VÚŽ

Ing. Karel Hlava, CSc., nar. 1930, absolvent ČVUT FEL, obor elektrická trakce r. 1953, vědecký pracovník a vedoucí oddělení EMC TÚDC ČD, bývalý vedoucí oddělení elektrotechniky a energetiky VVO6 VÚŽ

Ing. Ivan Kemr, nar. 1943, absolvent ČVUT FEL r. 1965, vedoucí oddělení elektrických hnacích vozidel VO3 VÚŽ

Ing. Jindřich Magnusek, CSc. nar. 1928, absolvent ČVUT FEL r. 1952, bývalý vedoucí výzkumné oblasti hnacích vozidel - VVO3 VÚŽ

Ing. František Šír, CSc., nar. 1937, absolvent VŠD KETE r. 1960, vědecký pracovník oddělení elektrických hnacích vozidel VO3 VÚŽ

V polovině roku 1952, kdy se VZÚ ČSD změnil na Vědeckovýzkumný ústav železnic a členil se na vědeckovýzkumné odbory, jako jeden z těchto odborů byl zřízen odbor energetiky. V té době se naplno rozběhla elektrizace prvních úseků hlavních tratí stejnosměrným systémem 3 kV. Úkolem odboru elektrotechniky byla především odborná pomoc řídicím složkám ČSD a ministerstvu železnic. Nedostatek specialistů však způsobil, že koncem roku 1952 měl odbor jen tři pracovníky a prakticky žádné přístrojové vybavení. Jejich činnost se zaměřovala na teoretické práce a rozborů výsledků zkoušek zařízení, určených pro elektrizaci. Zkoušela se zařízení pro nové měřírny, trakční vedení a prototypy elektrických lokomotiv.

V roce 1954 vznikla ve Výzkumném a zkušebním ústavu samostatná elektrotechnická skupina, soustřeďující se na probíhající elektrizaci a s ní související problémy elektrických hnacích vozidel, trakčního vedení a napájecí soustavy jako celku. Kromě centrálního pražského výzkumného pracoviště, pozdějšího Výzkumného ústavu dopravního (VÚD), existovala od roku 1960 i tzv. pracoviště technického rozvoje (PTR), z nichž např. PTR v Plzni se zaměřovalo, kromě jiného, na zařízení pro střídavou trakci a související pevná elektrická trakční zařízení. Obdobné PTR, z počátku přiřčené k elektroúseku ve Vrútkách, kde byl jeden z prvních elektrizovaných úseků ČSD, se zabývalo stejnosměrnou trakční soustavou. Nedlouho na to vznikla tzv. Projekčně konstrukční vývojová pracoviště (PKVP), z nichž to brněnské, zaměřené na lokomotivní hospodářství a elektrotechniku, bylo zřízeno rozkazem ministra dopravy v květnu 1963, a bylo k němu přiřčeno i vrútecké PTR, které se později, roku 1968, přeměnilo na samostatné PKVP elektrotechniky.

Když se stal, po reorganizaci Výzkumného ústavu dopravního, od 1. 1. 1972 novým pokračovatelem železničního výzkumu v Československu **Výzkumný ústav železniční**, jednotlivé odbory výzkumu se zformovaly do výzkumně vývojových oblastí (VVO).

Elektrotechnická problematika se rozdělila do dvou oblastí, z nichž oblast VVO3, se sídlem v Praze, byla zaměřena na tzv. **lokomotivní hospodářství**, a jedno z jejích oddělení - oddělení trakcí, se zabývalo detailně i elektrickou výzbrojí vozidel, zejména lokomotiv. V dalším vývoji vzniklo samostatné oddělení elektrických hnacích vozidel.

Pracovníci oddělení se nezanedbatelně podíleli na vývoji a zkouškách řady elektrických vozidel, která jezdila a jezdí po kolejích ČSD, a právě tak zasáhli i do příbuzné sféry vozidel a napájecí soustavy pražského metra.

Tato oblast - **Výzkumná oblast kolejových vozidel**, zůstala dodnes významnou součástí stávajícího Výzkumného ústavu železničního, byť se těžiště její činnosti postupně posunulo ještě více do sféry zkušebnictví. Detailně se činností elektrotechniků v železničním výzkumu vozidel věnují další kapitoly tohoto článku. Dříve je však třeba zmínit se o druhé části výzkumu elektrotechnické problematiky železnice, i proto, že se jí v konečné fázi dotklo dělení Československa a do současného VÚŽ již nepatří.

Železniční elektrotechnika, zaměřená převážně na pevná elektrická trakční zařízení (PETZ) a železniční energetiku, spadala do působnosti VVO 6, což byla **Výzkumná oblast elektrotechniky** se sídlem ve Vrútkách a s detašovaným pracovištěm v Praze, soustřeďujícím se zejména na trakční energetiku. V průběhu roku řešila oblast množství úkolů rozvoje vědy a techniky (RVT), jak se výzkumné úkoly souhrnně nazývaly.

Mezi významná témata patřily :

- výzkum elektrických parametrů PETZ,
- výzkum možnosti zvyšování výkonu obou trakčních napájecích soustav,
- výzkum součinnosti PETZ a elektrických hnacích vozidel,
- výzkum, vývoj a ověřování nových prvků PETZ, zejména syntetických izolátorů,
- výzkum a vývoj nových měřicích metod v oblasti PETZ,
- výzkum a vývoj nových progresivních pracovních metod a údržby PETZ,
- výzkum a vývoj montážních prostředků a zařízení a ochranných a bezpečnostních pomůcek pro práci na PETZ, včetně práce pod napětím.

Měřením elektrických parametrů trakčního vedení při jevech periodických i rázových byly získány potřebné podklady pro řešení teoretických i praktických problémů, jako třeba pro výpočty zkratových proudů a z nich vyplývajícího nastavení ochran.

Byly vyvinuty a vyzkoušeny nové typy bleskojistek, kondenzátorových a s rotujícím obloukem, stejně jako nové typy opakovatelných průrazek.

V souvislosti s křemikalizací měníren, kdy se nahrazovaly rtuťové usměrňovače polovodičovými, byly provedeny zkoušky napáječových rychlovypínačů, ověřena funkce vyhlazovacích filtrů vyšších harmonických a prokázána proudová přetížitelnost nových usměrňovacích jednotek. S tím těsně souviselo vyřešení zařízení pro automatické přepínání usměrňovačových jednotek v měnících podle stupně zátěže.

Teoreticky a experimentálně byla prověřena výhodnost dvoustranného napájení a chování soustavy při příčném propojení obou stop trakčního vedení na dvoukolejných tratích.

Rozsáhlému výzkumu byly podrobeny problémy související s kompenzací jalového výkonu jednofázové soustavy 25 kV, v jejímž rámci byly značně rozšířeny poznatky o kmitočtové závislosti elektrických parametrů trakční soustavy a rezonančních jevech.

Mimořádně důležitou sférou výzkumu byla kompatibilita elektrického hnacího vozidla se soustavou PETZ, a to jednak z hlediska elektrického, kdy se sledovaly vlivy rušení, způsobeného vozidlem s polovodičovými měniči na napájecí soustavu, a opačně vlivy abnormalit v napájení na elektrickou výzbroj vozidla, a také z hlediska vzájemného mechanického působení proudového sběrače vozidla a trolejového vedení. Kvalita kontaktu mezi sběračem a trolejí se sledovala z pohledu jejich opotřebení a s tím související životnosti i z pohledu kvality plynulého odběru trakčního proudu bez odskoků, zejména při vysokých rychlostech.

Pro kontrolu geometrických a mechanických vlastností trakčního vedení a jeho součinnosti s lokomotivním sběračem proudu byl navržen a vybaven speciální měřicí technikou laboratorní měřicí vůz trakčního vedení. Do kontroly proudového zatížení trakčního vedení a zařízení napájecích stanic byla zavedena termovizní měření oteplení kritických míst soustavy. Pro účely diagnostiky napájecích stanic byly vypracovány měřicí a kontrolní metody, včetně speciálních měřicích přístrojů a počítačem řízené automatické měřicí ústředny, kterou bylo vybaveno silniční skříňové diagnostické vozidlo - pojízdná diagnostická jednotka napájecích stanic.

V souvislosti s přípravou na vysokorychlostní provoz byla pozornost věnována vývoji lehkých izolačních prvků trakčního vedení ze syntetických materiálů. Byly tak vyvinuty sjízdné izolátory a úsekové děliče pro obě trakční soustavy ČSD. Důležitým aspektem byla i následná výroba těchto, a nejen těchto, zařízení přímo v dílně

Výzkumné oblasti elektrotechniky ve Vrútkách, odkud byly zásobovány celé ČSD a některé z výrobků byly dodávány i zahraničním železnicím.

Mezi výrobky, které byly ve VÚŽ vyvinuty a vyráběny, patřily i přístrojové soubory pro dálkové ovládání traťových odpojovačů a přístrojů ve spínacích stanicích.

Neméně významný byl následný vývoj dispečerského dálkového řídicího systému napájecích stanic, se zpětným hlášením stavu všech podstatných přístrojů napájecí stanice.

Oblast elektrotechniky se zabývala i řešením progresivních pracovních metod při výstavbě a hlavně při údržbě trakčního vedení. Po teoretickém zpracování byla provedena úprava pracovních plošin a navržen a odzkoušen postup práce na trakčním vedení pod napětím 25 kV. Spolu s tím byly vyvinuty a vyráběny různé typy bočnicích a zkratovacích souprav a nástrojů tzv. malé mechanizace, které práci na vedení usnadňovaly.

Racionalizace údržby, její plánování a zpětné zpracování údajů o provedených pracích a použitém materiálu patřily též do pracovní náplně výzkumně vývojové oblasti elektrotechniky.

Nutnou podmínkou úspěšných výsledků železničního výzkumu a vývoje v elektrotechnickém oboru byla těsná spolupráce s provozními složkami ČSD. Nejenom že se pracovníci ČSD zúčastňovali na tvorbě zadání výzkumných úkolů a na jejich závěrečných oponentních řízeních, ale často spolupracovali přímo na řešení problémů a tvořili důležitou zpětnou vazbu na reálné potřeby železnice.

Po rozdělení ČSFR se Výzkumná oblast elektrotechniky ve Vrútkách začlenila do nově konstituovaného Výzkumného a vývojového ústavu železnic Slovenské republiky. Pražské pracoviště - oddělení elektrotechniky a energetiky - přešlo do Technické ústředny dopravní cesty ČD (TÚDC ČD).

V devadesátých letech, a zejména po vzniku ČD, v období, kdy finanční prostředky železnice na vlastní výzkum byly silně redukovány, se uplatňuje stále více úloha VÚŽ jakožto Zkušební laboratoře. **Zkušební laboratoř VÚŽ** je akreditovaná ČIA (Českým institutem pro akreditaci) také v oboru elektrických zkoušek vozidel a napájecích zařízení železnice. Nezbytnou podmínkou zkoušek je odpovídající měřicí technika. Současné oddělení elektrických hnacích vozidel, které pokrývá celou elektrotechnickou problematiku, disponuje v první řadě speciálním elektrotechnickým vozem. Vznikl přestavbou skříně elektrického motorového vozu SM 488.0, bez trakční

výstroje. Na střeše má dva proudové sběrače, vhodné pro oba hlavní napájecí systémy ČD, a zatěžovací odporník. Uvnitř je vybaven dvojicí vn vypínačů a sadou odpojovačů, umožňujících vytvořit různá silová zapojení. Při měřeních tak mohou být připojena zkoušená vozidla napájena přes tento vůz. Vlastní měřicí technika, dnes již založená na automatické měřicí ústředně řízené počítačem, se variabilně instaluje do laboratorního prostoru vozu. Při některých měřeních bývá měřicí aparatura umístěna přímo v měřeném vozidle.

Renomovaní domácí výrobci železniční techniky zaznamenali bohužel výrazný ústup ze slávy, a tak služby Zkušební laboratoře VÚŽ ve zvýšené míře využívají zahraniční výrobci železniční techniky jako Siemens, SGP, ADtranz, GEC Alstom a mnohé evropské železniční společnosti, jako jsou např. DB, SNCF, FS, ŽSR a další. A tak s využitím Železničního zkušebního okruhu VÚŽ v Cerhenicích se provádějí komplexní zkoušky, většinou typové, nových zahraničních vozidel, ať již se jedná o lokomotivy, jako např. střídavá lokomotiva HellasSprinter, kterou vyrobil Siemens pro Řecké dráhy OSE, nebo o zkoušky CZE - centrálních zdrojů energie osobních a jídelních vozů, jako jsou vozy Ampz, Bmz, WRRmz, vyrobené pro ČD v posledních letech. Výstavba třetího napájecího systému 15 kV, 16²/₃ Hz na Železničním zkušebním okruhu (ŽZO) v Cerhenicích, možností Zkušební laboratoře VÚŽ ještě dále rozšiřuje.

V dalších kapitolách se autoři pokusili podat živější a detailnější obraz jubilujícího železničního výzkumu z pohledu přímých účastníků, jejichž osudem se stala železniční elektrotechnika. Je to pohled na právě těch padesát let, které u železnice znamenaly definitivní přechod ze století páry do století elektřiny.

Dělení kapitol se snaží respektovat časovou posloupnost událostí, která v tomto případě naštěstí nebrání základnímu dělení věcnému. To, že se prolínají záběry na traťová zařízení s událostmi týkajícími se vozidel, snad také není na závadu, jelikož obojí tvoří nedílný celek.

Pro soustavnou elektrizaci ČSD byla po 2. světové válce zvolena stejnosměrná trakční proudová soustava 3 kV. Tato volba vycházela jak ze zkušeností získaných provozem na elektrizovaných pražských nádražích a na jiných úsecích (Tábor - Bechyně, Rybník - Lipno, Tatranské dráhy) provozovaných napětím 1,5 kV, tak i z možností domácího průmyslu. Rozhodující vliv na volbu elektrizační soustavy měla ovšem dosahovaná úroveň technického řešení elektrických lokomotiv, jak co do potřebného výkonu, tak co do požadované spolehlivosti. Na počátku padesátých let to byla právě stejnosměrná trakční proudová soustava, jejíž lokomotivy prokazovaly v zahraničí potřebnou provozní spolehlivost.

V tomto místě je vhodné vzpomenout průkopníků začátků elektrizace pp. Prof. Dr. Ing. Františka Jansy, DrSc. a Doc. Ing. Jana Bílka, který se stal prvním pracovníkem nového odboru energetiky Vědeckovýzkumného ústavu železnic, do kterého přešel v r. 1952 z Ministerstva železnic.

Traťové úseky byly napájeny buď z rotačních měničů, nebo ze rtuťových usměrňovačů, které obsahovaly šestianodové nebo dvanáctianodové usměrňovací jednotky se společnou katodou, jak bylo tehdy celoevropskou praxí. Z toho důvodu např. pražská nádraží měla v trolejovém vedení záporný pól, aby chladicí soustava katodové misky mohla být na zemním potenciálu.

Pracovníci výrobce rtuťových usměrňovačů, pod vedením p. Ing. Jaroslava Ibla, od samého začátku této fáze elektrizace ČSD prosazovali dvanáctipulzní můstkové schéma, především pro lepší využití usměrňovačového transformátoru a pro omezení frekvenčních složek (300 Hz a 900 Hz) v usměrněném napětí, které způsobují nežádoucí rušení sdělovacích vedení souběžných s tratí.

Protože však můstkové schéma nelze založit na usměrňovací jednotce se společnou katodou, vyvinul Ing. Ibl unikátní konstrukci jednoanodových čerpaných "ventilů", kde celé schéma dvojitého můstku obsahovalo dvě šestice těchto "ventilů".

K podrobnější analýze schématu trakčního usměrňovače jako dvojitého můstku přispěl tehdejší výzkumný ústav (dále VÚ) v letech 1957 a 1958 teoretickým rozбором zatěžovací charakteristiky a poměrů při tzv. "zpětném zápalu", tedy při ztrátě usměrňovací schopnosti některého ze dvanácti "ventilů". Výhody dvojitého

můstkového schématu trakčních usměrňovačů se v současné době přesouvají do oblasti jejich elektromagnetické kompatibility vůči napájecí síti 22 kV i 110 kV. Toto schéma totiž postrádá v primárním proudu složky 5. a 7. harmonické a nejnižší z harmonických je až řádu 11 a 13. Za dnešních připojovacích podmínek k síti dodavatele elektrické energie to přináší výhodu v tom, že nejsme u měření nuceni počítat s filtrací harmonických. Kompenzace účinníku měnírenského usměrňovače také není nutná, protože jeho hodnoty leží spolehlivě v požadovaných mezích.

Práce na elektrizaci prvních úseků hlavních tratí ČSD stejnosměrnou trakční soustavou 3 kV vrcholily začátkem padesátých let. Dokončovala se především výstavba měnírny a trakčního vedení v traťovém úseku Žilina - Vrútky a současně ve Škodových závodech v Plzni byla v závěrečné fázi výroba prototypu stejnosměrné tříkilovoltové lokomotivy řady E 499.001, která byla dokončena v roce 1953. Po zkouškách v závodě v Plzni proběhly zkoušky na elektrizovaných úsecích pražského uzlu při napájecím napětí jak 1,5 kV, tak 3 kV, dodávaném z rekonstruované měnírny Třešňovka. Pak byla lokomotiva přepravena na Slovensko na úsek trati Žilina - Vrútky. Řada ještě nedokončených elektrizačních prací však neumožňovala provádět zkoušky v požadovaném rozsahu, a tak bylo dohodnuto přesunutí lokomotivy E 499.001 do Polska. Najetí 100 tisíc km v elektrickém provozu se realizovalo v oblasti elektrizovaného uzlu Varšava v průběhu roku 1954. Co se týče elektrické trakční výstroje této lokomotivy, pracovníci VÚ prosadili zásadu respektování vzájemného ovlivňování silových obvodů uvnitř lokomotivy a vnějších obvodů napájecí soustavy a obvodů dalších elektrických vozidel, nacházejících se ve společném meziměřírenském úseku. Na této zásadě vzájemného vlivu byly sestaveny programy komplexních zkoušek elektrické výstroje této lokomotivy i prototypů následných řad hnacích vozidel soustavy 3 kV. Zvláštní význam pro zajištění spolehlivé funkce elektrické výstroje stejnosměrných hnacích vozidel měla vypínací schopnost hlavního vypínače vozidla, jejíž parametry pracovníci VÚ stanovili a která se prokazovala (a prokazuje) tzv. zkouškou zkratem na vozidle.

Obdobně jako byl zkoušen prototyp lokomotivy, bylo nutno kompletně odzkoušet nový typ trakční měnírny, včetně příslušného trakčního vedení. Významným přínosem pro tyto zkoušky byl výzkumný úkol "Zvýšení provozní bezpečnosti trakčních měření", který řešil energetický odbor VÚ v letech 1954 až 55. Výsledkem výzkumu bylo stanovení provozních parametrů trakčních měření 110/ 22/ 3 kV, optimalizace

nastavení všech ochran měření, ověření přechodných jevů a možných poruchových stavů. Závěry byly ověřovány v průběhu roku 1955 na měřárnách Liptovský Mikuláš a Štrba, včetně ověření možností jejich paralelního chodu při dvoustranném napájení meziměřírenských úseků. Nejprve byly určeny skutečné elektrické parametry, jako jsou odpor a indukčnost použitého trakčního vedení, bez jejichž znalosti by nebylo možné propočítávat průběhy zkratových proudů. Získané poznatky posloužily k vypracování směrnic pro uvádění nových měření do provozu.

Původní koncepce jednotné budovy trakční měřárny a její technologie byla dílem skupiny projektantů vedených Prof. Ing. Štěpánem Peleňským. Z dnešního pohledu se jeví tyto budovy jako značně předimenzované, což je však dáno zejména změnou jejich technologického vybavení (usměrňovače, rozvaděče, velín, dálkové ovládání a pod.).

V návaznosti na zkoušky napájecí části elektrizovaného úseku Liptovský Mikuláš - Poprad, byly ještě v červenci a srpnu roku 1955 provedeny jízdní zatěžovací zkoušky elektrických vlaků, osobních i nákladních, v rámci úkolu "Výzkumné zkoušky elektrických vozidel". Zkoušky byly úspěšné, i když se neobešly bez dílčích poruch a havárií, které však ve svém důsledku přinesly nové poznatky a po vyšetření příčin umožnily napravit některé nedostatky. Byla tak např. prokázána nefunkčnost dynamické spouště napáječového vypínače typu RV 15/30 při některých průbězích zatěžovacího proudu. Vedlo to k postupnému nahrazení těchto vypínačů novým typem VRN 3000 ČKD, když po dobu vývoje vypínače VRN byly využívány vypínače Alsthom z Francie. Problematice rychlovypínačů je věnována pozornost ještě dále na jiném místě textu.

Zvláštní pozornost bylo nutno věnovat problematice střídavé superpozice výstupního napětí. Byla vyslovena obava, že za jistých okolností (např. při zhasnutí jedné anody) se v této superpozici může vyskytnout složka 50 Hz, která by mohla narušit tehdy zaváděný traťový autoblok pracující s frekvencí 50 Hz. Pracovníci VÚ proto vyvinuli v roce 1961 indikátor složky 50 Hz, který by způsobil odepnutí postižené usměrňovací jednotky.

Příchodem polovodičových výkonových diod (germaniových, později křemíkových) domácí výroby došlo postupně k výměně rtuťových usměrňovačů, avšak usměrňovačové transformátory zůstaly povětšinou zachovány. Germaniové výkonové

diody v začátcích vykazovaly časté poruchy jak průrazem, tak i přerušením či poruchou paralelně řazených komutačních RC prvků. Pracovníci VÚ proto vyvinuli v letech 1970 a 1971 přenosnou diagnostickou jednotku, umožňující preventivně prověřit automaticky jednotlivé diody a RC členy všech řetězců a vyznačit vadné prvky. Po náhradě germaniových diod křemíkovými a přechodem na jinou konstrukci křemíkových diod se situace stabilizovala nejen zmenšením počtu prvků, ale i zvýšením jejich spolehlivosti.

Při použití germaniových diod docházelo v provozu občas k průrazům při zapínání usměřovačového transformátoru na straně 22 kV. Pracovníci VÚ analyzovali v roce 1972 elektrické poměry a došli k závěru, že tyto průrazy má na svědomí zakmitávání vinutí tohoto transformátoru. Bylo proto doporučeno, aby usměřovací jednotka byla zprvu připojena na přípojnice 3 kV měřírny a následně došlo k připojení usměřovačového transformátoru pod napětí zapnutím jeho vypínače na straně 22 kV. Také toto opatření přechodem na odolnější křemíkové diody ztratilo svoji tehdejší důležitost.

Některé trakční měřírny byly však osazeny usměřovacími jednotkami v šestipulzním schématu se společnou katodou. Tam bylo nutno na požadavek omezení rušivé střídavé superpozice ve výstupním napětí instalovat poměrně složité LC filtry (300 Hz, 600 Hz, 900 Hz, 1200 Hz a aperiodický kondenzátor). V několika případech pak VÚ prověřoval měření správnost naladění jednotlivých větví, především v těch případech, kde uvedené usměřovací jednotky byly ve stejném schématu nahrazeny polovodičovými diodami.

S těmito filtry souvisí i zajímavá experimentální studie VÚ z roku 1976 v návaznosti na nově vyvíjená hnací vozidla s pulzním měničem. VÚ analyzoval pro výbor A 122 ORE na ŽZO otázku, jak jsou tyto filtry ovlivňovány provozem pulzního měniče hnacího vozidla (řady 48E + 49E Škoda Plzeň).

Všechny usměřovací jednotky trakčních měření ČSD byly napájeny ze sítě

22 kV. Byl však učiněn pokus vyloučit mezinapětí 22 kV a napájet usměřovací jednotky přímo ze soustavy 110 kV (trakční měřírna Koštov). Ověřování této koncepce, která slibovala původně omezení investičních nákladů, věnovali pracovníci VÚ velkou pozornost, především z hlediska likvidace vnějších i vnitřních zkratů. Právě vypínání těchto poruchových stavů a jiné provozní potíže byly nakonec důvodem pro její

opuštění a dnes je tato trakční měnírna rekonstruována s použitím běžného mezinapětí 22 kV.

Samostatným problémem byly a do dnešní doby jsou výkonové rychlovypínače pro stejnosměrnou soustavu 3 kV, zmíněné již dříve.

Protože chyběly domácí zkušenosti s konstrukcí rychlovypínačů pro 3 kV, byly v prvních letech dováženy rychlovypínače odvozené změnou zhášecí komory z rychlovypínačů určených původně pro soustavu 1,5 kV. Možno konstatovat, že jejich mechanická část byla vyhovující, avšak komory často selhaly.

Pracovníci VÚ se proto pokusili použít pro omezení hodnot zkratového proudu mřížkové řízení rtuťových usměrňovačů. Mřížkové řízení použil výrobce původně pro umožnění přesunu výkonu z výkonově přetížené usměrňovací jednotky snížením střední hodnoty jejího výstupního napětí na jednotky měníren sousedních (tzv. "load shifting"). I když se tento systém v původně zamýšlené roli nikdy v provozu nepoužil, dával možnost využít jeho funkci pro omezení zkratového proudu. Práce na vývoji tohoto systému šly paralelně s vývojem dokonalejšího rychlovypínače. Dodávky těchto rychlovypínačů a jejich provoz ukázaly, že zavedení mřížkového omezování zkratového proudu již nebylo nutné.

Domácí vývojová pracoviště usilovala o zdokonalení jak vlastní komory, tak i mechanické části, především vybavovacího mechanismu, tzv. "zámku". Pracovníci VÚ se aktivně podíleli nejen na zkratových zkouškách a vyhodnocení získaných poznatků, ale především na definování provozních požadavků kladených na rychlovypínače.

Některé konstrukce zhášecí komory způsobovaly v závěru vypínacího procesu nežádoucí přepětí, jiné opět vlivem akumulace tepla nesnášely opakované zapůsobení při opětném zapínání, tzv. "OZ". V řadě případů docházelo k vyšlehnutí elektrického oblouku z komory na některou uzemněnou část v jejím okolí.

Zajímavý provozní problém řešili pracovníci VÚ v listopadu 1965 v trakční měnírně Kolín. V této měnírně byly původně instalovány tři usměrňovací jednotky v můstkovém spojení. Po elektrizaci úseku Kolín - Kutná Hora byla doplněna čtvrtá jednotka, avšak v přímém (šestipulzním) spojení. Vlivem vlastností této jednotky bylo nutno do měnírny Kolín doplnit rezonanční filtr usměrněného napětí (300 Hz, 600 Hz,

900 Hz, 1200 Hz a aperiodická větev 70 μ F). Za měsíc po tomto zásahu však došlo k havárii šesti napaječových rychlo vypínačů, kdy jejich zhášecí komory nezvládly zkratové proudy. Měření VÚ prokázalo, že příčinou byly vlastní kmity jednostranně napájeného trolejového vedení Kolín - Kutná Hora ve spolupráci s vyhlazovacím filtrem. Po úpravě doporučené VÚ již napaječové vypínače pracovaly bez závad. V dnešní době již ČD neprovozují žádnou usměrňovací jednotku v přímém spojení.

Problematika vybavovacího mechanismu, tzv. "zámku" byla z provozního hlediska velmi závažná. Výrobce navrhl velmi zajímavou a slibnou koncepci - tzv. "odpalovací kotouček", vykazující potřebný krátký vlastní čas zapůsobení. Na zkušebně takto vybavený rychlo vypínač pracoval obdivuhodně, v provozních podmínkách však často selhal. Pracovníci VÚ po analýze zjistili, že důvodem byla odlišnost postupu při zkratové zkoušce na zkušebně, kdy byl proveden zkrat bez předchozího zatížení proti provoznímu stavu, kdy před zkratem rychlo vypínačem prochází jistý provozní proud. Z toho vyplynula dodnes prosazovaná zásada zkoušet rychlo vypínače při předchozím zatížení.

Práce domácího průmyslu na vývoji rychlo vypínačů pokračovaly i v dalších letech. V roce 1970 provedli pracovníci VÚ v trakční měničce Světec porovnávací zkoušky několika typů rychlo vypínačů různých výrobců za vždy stejných podmínek.

Postupný přechod trakčních měníren na dálkové ovládání a bezobslužný provoz vedl VÚ pod dojmem některých poruch napaječových rychlo vypínačů k návrhu tzv. "zábleskové ochrany". Čidlo této ochrany mělo být umístěno v kobce rychlo vypínače a indikovat vznik elektrického oblouku probíhajícího mimo zhášecí komoru, např. po přeskočení na kostru měničny. Práce byly ukončeny v roce 1981, v provozu se toto řešení uplatňuje až v současné době. Dlužno ještě dodat, že v současnosti do měničenského provozu pronikají i rychlo vypínače renomovaných zahraničních výrobců, jmenovitě je možno uvést firmu Sécheron.

V síti existují jednostranně napájené elektrizované úseky, kde omezujícím činitelem zatížitelnosti může být hodnota napětí trakčního vedení na konci úseku. To se týká také případné elektrizace traťových úseků, odbočujících z hlavních, již elektrizovaných tratí. Zde VÚ navázal v letech 1984 až 1987 spolupráci s PKP a SŽD, s cílem vyvinout tzv. "VDU" jako zdroj elektronicky řízeného pomocného napětí na úrovni několika set voltů připojený do série s trakčním vedením, analogicky jako to bylo

svého času použito na trati Tábor - Bechyně, i když tehdy ještě s použitím dynamu. Tato myšlenka byla použita již v elektronické verzi u SŽD, kde v několika případech umožnila prodloužit napájený úsek. Návrh byl ve VÚ rozpracován, avšak u ČSD se toto zařízení nepodařilo uvést do provozu a práce byla zakončena výrobou prototypu.

Další oblastí, kde pracovníci VÚ přispěli k rozvoji elektrizace ČSD, je trolejové vedení. Problematika trolejového vedení u stejnosměrné trakční proudové soustavy se rozpadá na dvě hlavní otázky, a to:

- přístroje a prvky trolejového vedení,
- spolupráce sběrače a trolejového drátu.

Původní sestavy trolejového vedení používaly čapkové keramické izolátory. Jejich konstrukce připouštěla vnitřní průraz mezi čapkou a roubíkem, kdy místo následného zkratu bylo obtížně identifikovatelné. Současně byly vedeny práce na vývoji dokonalejší průrazky, jejíž použití je nutné z hlediska funkce dvoupásových kolejových obvodů zabezpečovacího zařízení. Pracovníci VÚ se proto pokusili v letech 1972 až 1975 o vývoj zkratové ochrany bez ukolejňování trakčních podpěr. Práce však byly v roce 1976 zastaveny a byla zvolena cesta náhrady čapkových izolátorů roubíkovými izolátory, jejichž koncepce již vnitřní průraz vylučuje. Vývoj v oblasti izolátorů pro trakční vedení se tím ale nezastavil a v dalších letech přišly ke slovu zcela nové hmoty, jejichž elektrické i mechanické vlastnosti umožnily nahradit porcelán. Kombinací sklolaminátové tyče, povlečené vrstvou teflonu, dobře odolávajícího povětrnostním vlivům, vznikly izolační prvky nové kvality. Výrazně se zredukovala jejich hmotnost, takže v trakčním vedení, jehož hmota je plynule rozložena v délce, přestaly izolátory vytvářet uzly, které ovlivňovaly pružnost soustavy. Při vysokých rychlostech se tím zlepšuje spolupráce vozidlového sběrače a trolejového drátu. Vyvinuty byly také sjízdné úsekové děliče ÚDT 3 a ÚDT 25 pro obě trakční soustavy. S ohledem na potřebu vysoké odolnosti proti otěru byla zvolena zajímavá konstrukce sjízdné izolační části, kde na sklolaminátovou nosnou tyč byly navlečeny keramické kroužky, utěsněné teflonovými vložkami. Tím byla zachována pružnost. Dílna Oblasti elektrotechniky VÚŽ vyrobila takovýchto děličů stovky kusů.

Vývoj průrazek se v důsledku zkvalitnění izolátorů zaměřil spíše na elektrické oddělení trakční podpěry od kolejnice, s cílem omezit nesymetrii odporu kolejového obvodu proti zemi. Vzhledem k vysoké úrovni výdržného napětí dnešních izolátorů

trolejového vedení bylo možno přejít na vybavovací napětí průrazek 500 V a připustit i jejich opakovatelnou funkci. Dalším důvodem pro tuto skutečnost jsou experimentální výsledky VÚ, týkající se možných potenciálů kolejnice proti zemi při poruše na hnacím vozidle, kde průrazka "proráží" napětím "kolejnice - zemní odpor stožáru", a nikoliv napětím mezi stožárem a kolejnicí, což byl její původní účel.

V některých traťových úsecích ověřoval VÚ funkci skupinového zemnění několika sousedních trakčních podpěr pomocí zemnicího lana. Poměry na zemnicím lanu při zkratu si vyžádaly v roce 1967 až 1969 rozsáhlé experimentální práce VÚ vzhledem k nebezpečí vzniku nadměrných hodnot dotykového a krokového napětí na krajních podpěrách.

Vzhledem k požadavku omezit přepětí v trolejovém vedení použitím dokonalejší bleskojistky, učinil VÚ pokus o vývoj nové koncepce bleskojistky, a to konstrukce s rotujícím následným elektrickým obloukem. Vývoj však narazil na obtíže se zajištěním potřebného materiálu odolného proti působení elektrického oblouku, i když princip samotný se ukázal jako správný. Popsanou náhradou čapkových izolátorů roubíkovými vzrostla elektrická pevnost trolejového vedení a další vývoj nové přepětěvé ochrany již nebyl nutný.

Pracovníci VÚ se v letech 1960 a 1961 zapojili aktivně do provozního ověřování ocelohliníkového trolejového drátu. I když se toto řešení od samého počátku jevílo jako zavádějící, bylo nutno shromáždit objektivní argumenty na podporu jeho zamítnutí.

Velké úsilí věnovali pracovníci VÚ zlepšení využitelnosti instalovaného průřezu trolejového a zesilovacího vedení, především na štrbské rampě a na dalších sklonově náročných úsecích. Jednalo se technicky o problém příčných spojek mezi trolejovým vedením obou stop dvoukolejné trati, o jejich optimální počet a rozmístění. Ve VÚ byl v roce 1959 zhotoven výpočtový model napájecí soustavy dvoukolejné trati v rozsahu tří meziměřírenských úseků. Na rozdíl od modelu s proměnnými odporníky, který používal projektant elektrizace, má tento výpočtový model odporníky pevné a naměřené hodnoty proudů a napětí se přepočítávají pomocí nomogramů. Model je dodnes v provozu na katedře elektrické trakce Žilinské univerzity. Mimo původně zamýšlenou funkci pro modelování elektrických poměrů při jízdě až 10 lokomotiv jej lze použít i pro výpočet zkratových proudů jednotlivých napaječů v trakčních měřících i ve spínacích stanicích s libovolným počtem příčných spojek.

Hledisko opotřebení trolejového drátu je úzce spojeno nejenom s kvalitou vlastního trolejového vedení, ale též s otázkou materiálu obložení smykadla vozidlového sběrače. Pracovníci VÚ věnovali v letech 1968 až 1971 velké úsilí na vyšetření optimálních vlastností obložení jak původně měděného pryskyřicí mazaného, tak později metalokeramického či uhlíkového. K tomu účelu bylo sestrojeno experimentální měřicí zařízení modelující nejen mechanickou stránku kontaktu "trolejový drát - obložení smykadla", ale i vliv hodnoty převáděného proudu. Podařilo se tak získat podklady pro vývoj dnes používaných materiálů obložení smykadel.

Pokud se týče koncepce sestav trolejového vedení, vyprojektovaných pod vedením p. Ing. Jiřího Němce, vypracoval VÚ některé studie o mezní jízdě rychlosti a o vlastnostech prostého vedení. Experimentální práce proběhly na ŽZO v rámci prvních jízd rychlostmi nad 200 km/h, kdy se optickou cestou kontroloval zdvih trolejového drátu.

Pracovníci VÚ se zabývali také problematikou elektromagnetické kompatibility hnacích vozidel stejnosměrných soustav vůči napájecí síti 22 kV. Na ŽZO proběhlo několik měření spektra proudu odebíraného hnacími vozidly 3 kV vybavenými na vstupu pulzním měničem. Výsledky ukázaly, že pracovní frekvence pulzního měniče se nedostává v měřitelné úrovni na primární stranu trakčního usměrňovače, kde se uplatňují především proudové harmonické dané funkcí můstkového usměrňovače měnírný.

Samostatnou kapitolou bylo v osmdesátých letech zavádění diagnostiky. Bezdemontážní diagnostika se stala pojmem až módním, nicméně přispěla ke snaze o nový pohled na železniční techniku v souvislostech. Byla vyvolána nastupující érou počítačů a obsahovala racionální myšlenku opustit pravidelnou údržbu, řízenou pevně stanovenými intervaly a nahradit ji údržbou podle aktuálního stavu zařízení. Diagnostické centrum VÚŽ pro lokomotivy bylo zřízeno v rámci brněnského pracoviště VVO 3. Obdobné pracoviště, zaměřené na diagnostiku napájecích stanic bylo v Oblasti elektrotechniky - VVO 6 ve Vrútkách. Práce se soustřeďovaly na nalezení takových měřených veličin usměrňovačů, vypínačů a transformátorů, které by obsahovaly informaci o skutečném technickém stavu daného zařízení a z jejichž změny by se dala stanovit prognóza s ohledem na životnost zařízení a potřebu údržbářského zásahu. Ne vše se sice podařilo dovést do ideálního stavu, přesto získané poznatky umožnily

navrhnout diagnostickou měřicí laboratoř a zabudovat ji do skříňového automobilu. Vznikla tak pojízdná diagnostická jednotka, určená pro kontrolu měření v okruhu tehdejší Střední dráhy ČSD. Byli to totiž právě iniciativní pracovníci této dráhy a její Správy v Olomouci, z nichž si připomenutí zasluhuje p. Ing. Jan Matějka, kteří se o realizaci výsledků výzkumu zasloužili.

Zavádění jednofázové trakční soustavy 25 kV, 50 Hz

Rozhodnutí o zavedení druhé trakční soustavy 25 kV, 50 Hz na ČSD nastolilo otázku, jak v elektrizaci dále postupovat. Byly dvě základní možnosti, a to buď:

- zastavit elektrizaci tratí připravených pro stejnosměrnou soustavu 3 kV a tratě již elektrizované postupně přeměnit na střídavou soustavu 25 kV, 50 Hz, nebo
- přijmout dlouhodobou koexistenci dvou soustav na tratích ČSD a jejich styk řešit buď
- výstavbou stykových stanic, nebo použitím dvouproudových hnacích vozidel.

Řešením byl pověřen VÚ a v roce 1963 předložil závěrečnou zprávu, v které doporučil, jako optimální provozně technické řešení, koexistenci obou trakčních soustav. Sjednocení soustav na bázi 25 kV, 50 Hz by znamenalo neekonomickou rekonstrukci provozně nejzatíženějších tratí s několikaletým ochromením železniční dopravy. Pro řešení styku trakčních soustav byla doporučena orientace na perspektivní dvouproudové lokomotivy.

Zavedení jednofázové trakční proudové soustavy 25 kV, 50 Hz, jako druhé soustavy na ČSD, bylo ale dáno, mezi jiným, i podporou exportu hnacích vozidel vyráběných v Plzni.

Jako zkušební úsek pro elektrizaci střídavou soustavou byla vybrána trať Plzeň - Horažďovice, na které byly elektrizační práce zahájeny koncem padesátých let. V srpnu 1961 byla dokončena elektrizace soustavou 25 kV, 50 Hz v úseku Plzeň-Koterov – Blovice v délce 20,1 km. Tím bylo umožněno výrobcí lokomotiv, podniku Škoda Plzeň, zahájit první zkoušky dvou prototypů střídavých lokomotiv továrního označení 39 E (ČSD označení S 479.001 a S 479.002) s křemíkovými usměřovači, a dvou

prototypů 40 E (ČSD S 479.101 a S 479.102) s ignitronovými usměrňovači. Šlo především o zkoušky jednofázových lokomotiv určených na export do Bulharska. Zkoušky a získávání zkušeností probíhaly obdobně jako v počátcích zkušebního provozu stejnosměrné trakční soustavy 3 kV, jelikož všechna elektrizační zařízení byla československé výroby a měla většinou prototypový charakter. Celou trať Plzeň - Horažďovice se podařilo zprovoznit v elektrické trakci až v roce 1963, kdy první osobní vlak, tažený lokomotivou S 479.002, byl vypraven z Plzně dne 7.10.1963. V následujících měsících provedli pracovníci VÚ na tomto úseku řadu zkoušek. Patřilo mezi ně např. měření parametrů trakčního vedení soustavy S 10, měření izolačního stavu úsekových děličů při stání parních lokomotiv pod děličem, zkratové zkoušky na trakčním vedení za účelem ověření funkce a selektivity všech typů zkratových ochran, měření ve spínací stanici Pačejov a další. Získané poznatky byly uplatňovány SUDOPem při projektování dalších elektrizovaných traťových úseků.

V době projektování a vývoje lokomotiv této soustavy neměl domácí průmysl jinou možnost než koncipovat vstupní obvod pro regulaci trakčního výkonu hnacích vozidel ve formě neřízeného diodového usměrňovače, jehož výstupní napětí určené pro napájení trakčních motorů bylo regulováno přepínáním odboček na vozidlovém transformátoru.

V období let 1970 až 1980 byli dva pracovníci VÚ delegováni do nově vzniklého výboru znalců ORE A 122, majícího za úkol studium nežádoucích zpětných vlivů nových výkonových prvků - tyristorů – v regulačních obvodech hnacích vozidel. V tomto výboru pracovali zástupci prakticky všech západoevropských a středoevropských železnic, ale i zástupci některých výrobců, a to jak z oblasti napájecích soustav a hnacích vozidel, tak i sdělovací a zabezpečovací techniky.

Zástupci ČSD získali v rámci své účasti v tomto výboru několik honorovaných zakázek na speciální experimentální práce, které byly provedeny na ŽZO. Dále uplatnili některé své původní teoretické studie, včetně prací analyzujících a vysvětlujících experimentální výsledky získané jinými železničními správami (SNCF, MÁV).

Poznatky, které byly takto získány, se promítly při projednávání koncepce hnacích vozidel jednofázové soustavy pro ČSD. Tak se např. podařilo zablokovat koncepci fázové regulace rychlosti a tažné síly výkonných lokomotiv s tím, že tyto lokomotivy budou i nadále koncipovány pouze s diodovým vstupním měničem.

Důvodem byl nepřijatelně nízký účinek i podstatné zkreslení časového průběhu odebíraného proudu lokomotivního měniče s tyristorovou fázovou regulací ve srovnání s měničem diodovým. Řízené měniče se však úspěšně vyvíjely a našly si svoji cestu do trakčního obvodu hnacích vozidel. O tom se podrobněji zmiňuje jedna z dalších kapitol.

Současně s poznatky o fázové regulaci získali pracovníci VÚ další cenné informace o možnostech zlepšení elektromagnetické kompatibility hnacích vozidel vůči trakčnímu obvodu, napájecí stanici - trakční transformovně a konečně vůči napájecí síti 110 kV rozvodného závodu. Tyto poznatky jsou aktuální do dnešních dnů.

Jako základní podklady nutné pro analýzu zpětných vlivů jednofázové trakční proudové soustavy na napájecí síť 110 kV dodavatele elektrické energie bylo nutno vyjasnit frekvenční závislosti parametrů základních prvků, především trakčního obvodu (trolejové vedení, zpětné kolejnicové vedení a zpětné vedení zemí) a trakčního transformátoru 110/27 kV napájecí stanice. Tyto otázky pracovníci VÚ studovali teoreticky v letech 1974 a 1975, experimentálně na ŽZO i na provozovaných tratích v letech následujících. Získané výsledky byly konfrontovány s poznatky ostatních partnerů ve výboru ORE A 122 zejména od DB a bylo zjištěno, že dochází k dobrému souhlasu.

Počínaje rokem 1990 již dodavatel elektrické energie začal uplatňovat cenové přírážky dle platného ceníku včetně penalizace za nevyhovující hodnotu účinníku na vstupu trakčních napájecích stanic. Protože dlouho platící výjimka na hodnotu účinníku byla zrušena, byly ČSD přinuceny přijmout ve velmi krátké době účinná opatření pro omezení plateb cenových přírážek za nevyhovující účinník.

Protože zdrojem potíží s účinníkem byly v první řadě střídavé lokomotivy, proběhly práce na vyjasnění možnosti kompenzace jalové složky příkonu přímo na hnacím vozidle, jako analogie tehdejšího postupu u SJ. Pokusy u výrobce však nebyly úspěšné, a tak ČSD vzaly na sebe úkol zajistit kompenzaci účinníku v napájecí soustavě.

V návaznosti na uvedené skutečnosti se pracovníci VÚ aktivně účastnili prototypových zkoušek nových řad jednofázových elektrických lokomotiv, kde měřeními zjišťovali podmínky elektromagnetické kompatibility těchto vozidel k napájecí soustavě, tj. hodnoty účinníku a zkreslení časového průběhu odebíraného proudu harmonickými. Tak např. v roce 1981 až 1983 proběhly zkoušky prototypu

lokomotivy řady 69E0 a v roce 1984 lokomotivy řady 70E. Metodikou odvozenou při těchto zkouškách se pak pokračovalo i u dalších lokomotivních řad.

Projektant připadl v roce 1975 na myšlenku umístit kompenzační kondenzátory přímo na trati a připínat je podle potřeby v závislosti na proudu v trolejovém vedení. Pracovníci VÚ prototypové zařízení ověřovali v provozu a zjistili nežádoucí vznik přepětí. Následná teoretická analýza VÚ prokázala principiální nevhodnost tohoto řešení a příčinu vzniku zjištěných přepětí.

Podobně nevhodné opatření z roku 1976-1977 spočívalo v umístění kompenzačního kondenzátoru přímo na přípojnice trakční napájecí stanice. Vlivem poklesu rezonanční frekvence trakčního obvodu jako celku a spektra proudu odebíraného lokomotivami obsahujícího nepříjemně velké hodnoty všech lichých harmonických došlo v krátké době k destrukci kompenzačních kondenzátorů. Také v tomto případě teoretický rozbor VÚ z roku 1977 prokázal, že touto cestou jít nelze.

Současně s požadavkem dodavatele elektrické energie na zlepšení účinníku trakčního odběru ČSD vyvstala nutnost v krátké budoucnosti zlepšit i časový průběh proudu odebíraného ze sítě 110 kV, to jest omezit složky proudových harmonických.

Pracovníci VÚ proto v roce 1988 navrhli zavést do trakčních napájecích stanic tzv. filtračně-kompenzační zařízení (FKZ) řešící současně jak kompenzaci jalové složky odebíraného výkonu, tak i podstatné omezení napět'ové harmonické v přípojovacím bodě napájecí stanice, způsobované na vstupní impedanci sítě 110 kV proudovými harmonickými z hnacích vozidel.

Pro definování základních výkonových parametrů těchto FKZ VÚ dlouhodobě sledoval v letech 1987 a 1988 čtvrt hodinové výkony základní skupiny napájecích stanic a po jejich počítačové analýze navrhl parametry obou rezonančních L-C větví (pro 3. a 5. harmonickou).

Zvláštní péči věnoval VÚ proudovému a napět'ovému dimenzování výkonových prvků (rezonančních tlumivek a kondenzátorových skupin) a naladění obou větví L-C. Takto získané podklady se staly základem pro projekty FKZ.

Prototypové zařízení FKZ bylo podle návrhu VÚ původně instalováno na plošinovém voze. Pro regulaci kompenzačního výkonu byla použita upravená zhášecí tlumivka, jejíž jalový výkon byl regulován mechanickým posunem magnetického jha.

Toto řešení regulace, i když principiálně správné, se však v provozu neosvědčilo. Výrobce proto navrhl tzv. "dekompenzační větev" s polovodičovým regulátorem. Na některých napájecích stanicích je však z finančních důvodů tato plynulá regulace dodnes provizorně nahrazena spínáním větví L-C vakuovým vypínačem ovládaným v závislosti na odebíraném trakčním výkonu. Toto je řešení dočasné a bude po získání potřebných finančních prostředků nahrazeno dekompenzační větví s polovodičovým regulátorem.

Ve spolupráci s výzkumnými pracovišti energetiky pracovníci VÚ studovali experimentálně i teoreticky problematiku vzniku rezonancí v síti 110 kV. Rozsáhlé měření VÚ ve spolupráci s pracovišti energetiky provedené v napájecí stanici Strakonice (1983) a Galanta (1984) na sudých harmonických, získaných z upravené elektrické lokomotivy prokázalo, že i jednotlivé části sítě 110 kV vykazují jevy rezonance, což podstatně ovlivňuje vznik napěťových harmonických. Tato skutečnost tehdy nebyla známa.

V souvislosti s tím se VÚ v roce 1981 věnoval i experimentálnímu vyšetřování frekvenčních charakteristik vzdušných vedení 110 kV a získal poznatek, že na rozdíl od frekvenční závislosti měrné indukčnosti trakčního vedení dané kombinací kolejnicové a zemní větve zpětného vedení trakčního proudu, není tato veličina u vzdušných vedení vvn závislá na frekvenci. S tím souvisela i aktivita VÚ z let 1982 až 1984 při odvození metodiky výpočtu vstupní impedance vedení 110 kV na vyšších kmitočtech a o vlivu konfigurace těchto vedení na velikost napěťových harmonických v bodě připojení napájecí stanice, což se stalo podkladem pro návrh ČSN 33 3430.

Paralelně s uvedenými činnostmi se pracovníci VÚ věnovali problematice měření obsahu harmonických napětí a proudu, tedy konkrétně přesnosti měřicích transformátorů na vyšších kmitočtech. Řada experimentů doprovázených teoretickým rozbohem v roce 1983 a 1984 ukázala, že přesnost převodu měřicích transformátorů napětí podstatně závisí na frekvenci měřené spektrální složky a na charakteru zátěže (břemene) měřicího transformátoru, přičemž tuto chybu výrobce zatím v technické dokumentaci nedeklaruje. Měřicí transformátory proudu jsou v tomto ohledu spolehlivější.

Během analýz frekvenční závislosti měrných parametrů trakčního vedení, které byly nutné pro vyjasnění jevu rezonance některé ze složek spektra proudu dodávaného

hnacími vozidly, se pracovníci VÚ věnovali v letech 1969 až 1972 i problému šíření rázových vln v trakčním obvodu, s cílem zdůvodnění vhodného umístění přepětových ochran trolejového vedení. Experimenty potvrdily dobrý souhlas naměřených a vypočtených hodnot vlnové impedance trakčního vedení a činitele šíření rázové vlny. Závěr této analýzy vyústil v doporučení umístit přepětové ochrany pouze do míst změn hodnot vlnové impedance (zhlaví žst., konec vedení, přechod ze vzdušného na kabelové vedení). Hodnoty činitele šíření a útlumu byly vyšetřovány na ŽZO.

V letech 1967 - 1968 VÚ studoval nejprve teoreticky, a následně i experimentálně, možnost dvoustranného napájení trolejového vedení na jednofázové soustavě. Pro tento účel byla sestrojena tzv. pojízdná vysokonapěťová kobka, umožňující podélné spínání trolejových vedení v provozních podmínkách. Závěry těchto prací však prokázaly ve většině trakčních napájecích stanic nevýhodnost tohoto způsobu napájení vlivem průchodu vyrovnávacího výkonu. Ani analýza konfigurace sítě 110 kV provedená Prof. Ing. Karlem Horákem, DrSc. neukázala lokality, ve kterých by tento způsob napájení přinesl železnici prospěch. Navíc pak energetický rozvodný závod s ohledem na provozní bezpečnost požadoval umístit v trakčních napájecích stanicích zpětné wattové relé vypínající celou napájecí stanici při obrácení toku činné energie, což mezi jiným zabraňuje využít na jednofázové soustavě rekuperační brzdění.

V návaznosti na požadavek provozní bezpečnosti při práci na trolejovém vedení pracovníci VÚ v roce 1967 - 1968 ověřovali elektrické poměry na elektricky vyloučeném trolejovém vedení dvoukolejné trati v případě, že druhá kolej je v provozu. Teoretické rozborů i experimentální ověření jejich závěrů ukázaly, že dvoustranné ukolejnění je nezbytné a je nutno je realizovat potřebným průřezem ukolejňovacích prostředků.

Výzkum a vývoj elektrických vozidel s řízenými měniči

V souvislosti s elektrizací ČSD jednofázovou proudovou soustavou 25 kV, 50 Hz byly v závodě Elektrické lokomotivy, Škoda Plzeň vyráběny lokomotivy s neřízenými (diodovými) měniči. Měniče - usměrňovače byly výrobkem ČKD Praha, závod Elektrotechnika. Další vývojovou etapu pak od roku 1973 představují měniče řízené

(tyristorové), kde pro lokomotivy střídavé proudové soustavy se jedná převážně o jednofázové nesymetrické řízené můstkové měniče. Pro lokomotivy stejnosměrné proudové soustavy a lokomotivy dvouproudové to jsou pulzní měniče. Ve VÚŽ v roce 1973 byla pro FMD zpracována studie "Podmínky pro užití pulzních měničů na hnacích vozidlech ČSD", kde bylo doporučeno pořadí aplikace s ohledem na možnou úsporu elektrické energie u elektrických motorových vlaků, posunovacích lokomotiv a traťových lokomotiv. Tato studie dala podnět k vývoji pulzních měničů v ČKD Praha, závod Elektrotechnika a jejich aplikaci na hnacích vozidlech Škoda Plzeň. Prvou realizací pulzního měniče pro stejnosměrné napětí 3 kV byl funkční vzorek na přestavěné dvouproudové lokomotivě typu 48E (typové označení výrobního závodu Elektrické lokomotivy Škoda Plzeň), kde byl užit pulzní měnič vhodný též pro elektrodynamické brzdění a rekuperaci. Zkoušky funkčního vzorku probíhaly v roce 1975 na Železničním zkušebním okruhu v Cerhenicích za účasti pracovníků VÚŽ, kde byly sledovány a hodnoceny trakční a energetické vlastnosti funkčního vzorku při jízdě a elektrickém brzdění. Dále byly podrobně zjišťovány rušivé vlivy do napájecího vedení a rušivé vlivy na sdělovací a zabezpečovací zařízení. Výsledky zkoušek funkčního vzorku pulzního měniče na lokomotivě typu 48E prokázaly reálnou možnost užití tohoto typu regulace v železničním provozu. Proto po dohodě zákazníka (FMD) a výrobce (Škoda Plzeň) došlo v roce 1977 k rekonstrukci posunovací lokomotivy řady ČSD E458.012 (typ 33E). Tak vznikl prototyp posunovací lokomotivy s pulzním měničem pro 3000 V řady ČSD E457.001 (typ 78E0). Tato lokomotiva byla za účasti VÚŽ podrobena rozsáhlým zkouškám na ŽZO Cerhenice a byla ověřována v provozu v železniční stanici Ostrava v období 1978 - 1979. Opět byly měřeny a vyhodnoceny trakčně - energetické charakteristiky a rušivé vlivy do energetické sítě a na sdělovací a zabezpečovací zařízení. Z iniciativy VÚŽ Praha bylo provedeno v roce 1978 sledování rušivých vlivů za současného provozu dvou hnacích vozidel s pulzním měničem pro napětí 3000 V s odlišným způsobem řízení. Ke společným zkouškám s lokomotivou řady ČSD 457.0 byl přivezen polský elektrický motorový vlak EN 57, který měl odlišný řídicí kmitočet než lokomotiva řady ČSD 457.0. Výsledky měření daly podklady pro úpravu prototypu v oblasti jeho řízení. Zkoušky i zkušební provoz umožnily získat připomínky provozovatele lokomotivy ke konstrukci připravované série lokomotiv řady ČSD 458.1 (typ 78E1). Dodávka této řady se uskutečnila v roce 1982. Tím došlo k

hromadnému použití elektrických lokomotiv s pulzním měničem pro napětí 3000 V v provozu ČSD.

Rozsáhlá spolupráce VÚŽ na zadání, vývoji a zkoušení byla též u dalšího hnacího vozidla ČSD. Byla jím dvou Proudová lokomotiva pro napětí 3000 V a 25 kV, 50 Hz řady ČSD ES 499.1, nové značení ČD řady 363, typ 69E, která byla v prototypu vyrobena v roce 1980. I zde byl pro regulaci napětí pro trakční motory použit pulzní měnič. Kromě toho má lokomotiva též řízené pomocné pohony a měnič pro napájení cizího buzení trakčních motorů. Za účasti VÚŽ byly prováděny na ŽZO Cerhenice i na tratích ČSD trakčně energetické zkoušky, zkoušky rušení do napájecí soustavy a zkoušky rušení sdělovacího a zabezpečovacího zařízení.

Dvou Proudové lokomotivy řady ČSD ES 499.1, nové značení ČD řady 363 nebo 362 (typy 69E, 69Er) jsou v současnosti v počtu desítek kusů součástí lokomotivního parku ČD i SŽD a zabezpečují provoz na tratích, kde je styk dvou proudových soustav.

Dalším obvyklým úkolem, kladeným na VÚŽ, byla účast na prototypových zkouškách lokomotiv a elektrických motorových vlaků dodávaných pro ČSD a ČD. Vždy se jednalo o ověření trakčních a energetických parametrů stanovených v technickém zadání vozidla, dále pak rušivých vlivů do napájecí sítě a rušení sdělovacího a zabezpečovacího zařízení. Jednalo se o následující vozidla s polovodičovými řízenými měniči:

- elektrický motorový vlak pro napětí 25 kV, 50 Hz řady ČSD SM 487.0, řada 560 ČD, vybavený dvěma tyristorovými fázově řízenými regulátory napětí a diodovým rozvinutým můstkem pro regulaci napětí trakčních motorů. Také odbuzování trakčních motorů je provedeno bezkontaktním způsobem, vozidlo bylo zkoušeno v letech 1967 a 1968,

- elektrická posunovací lokomotiva pro napětí 25 kV, 50 Hz řady ČSD S458.0, řada 210 ČD, typ 51E1 má dva tyristorové antiparalelní regulátory, které ve spojení se dvěma diodovými můstkami umožňují plynulou regulaci napětí trakčních motorů. Lokomotiva má též tyristorové měniče pro napájení pomocných pohonů. Byla vyrobena a zkoušena v letech 1972 a 1973,

- elektrická univerzální traťová lokomotiva pro napětí 25 kV, 50 Hz, řady ČSD S499.2, řady 263 ČD, typu 70E má pro každý trakční motor jeden polořízený usměrňovací

můstek, který zabezpečuje řízení napětí pro pohon trakčního motoru. Cizí buzení trakčních motorů je provedeno samostatně pro každý trakční motor a je napájeno z individuálních fázově řízených měničů. Lokomotiva byla vyrobena a vyzkoušena v letech 1984 a 1985,

- elektrická univerzální lokomotiva pro napětí 3000 V, řady ČSD E499.3, řady 163 ČD, typu 71E má regulaci napětí pro trakční motory pulzním měničem, měnič pro cizí buzení trakčních motorů a regulované pomocné pohony. Byla vyrobena a vyzkoušena v letech 1984 a 1985,

- elektrická traťová lokomotiva pro napětí 3000 V ve verzi s pomaloběžnými nebo rychloběžnými asynchronními motory typu 85E, řady 169 ČD má pro regulaci otáček trakčních motorů pulzní měnič a proudový střídač, a má též řízené pomocné pohony. Lokomotiva s pomaloběžnými trakčními motory byla vyrobena a zkoušena v roce 1987, s rychloběžnými trakčními motory v roce 1989.

Je třeba se ještě zmínit o zkoušení lokomotivy řady ČD 372, typu 80E0. Jedná se o lokomotivu dvouproudovou pro napětí 3000 V a 15 kV, 16 ²/₃ Hz. Lokomotiva má diodový usměrňovač a stykačové odporové řízení. Na ŽZO v Cerhenicích byla zkoušena pro provoz pod napětím 3000 V. Rok výroby a zkoušek je 1987. Tato lokomotiva byla též určena pro DR (dnes DB).

Úspory elektrické energie

Od konce sedmdesátých do počátku devadesátých let byla velká část kapacity oddělení elektrických lokomotiv věnována problematice racionalizace spotřeby elektrické energie pro elektrickou vozbu. Na příklad v letech 1982 až 1984 byl řešen pro resort FMD rozsáhlý státní úkol s tematikou "Úspory energie v dopravě", který zahrnoval také obor elektrických lokomotiv a elektrických motorových vozů. V tomto oboru vyřešili pracovníci VÚŽ řadu teoretických i praktických úloh.

V prvé fázi byla na základě zadání věnována pozornost otázce stanovení technicky zdůvodněných norem spotřeby elektrické energie hnacích vozidel. Byla vypracována metodika pro stanovení technicky zdůvodněných norem, která se opírala o trakční výpočty, které v té době zajišťovalo Ústředí výpočetní techniky dopravy Praha

(ÚVTD) jako podklady pro sestavování grafikonu vlakové dopravy (GVD). Neodmyslitelnou součástí bylo také praktické ověření. Za tím účelem se uskutečnila řada měřicích jízd na několika traťových úsecích, a to s rychlíky i s nákladními vlaky. Při těchto jízdách byl do soupravy za lokomotivu řazen elektrotechnický měřicí vůz VÚŽ, ve kterém se zaznamenávaly údaje charakterizující průběh jízdy - především průběh rychlosti, tažné síly a proudu trakčních motorů - a měřila se spotřeba elektrické energie na sběrači. Na základě toho bylo vypracováno zadání úloh pro ÚVTD. Zadání bylo podstatně podrobnější než je obvyklé pro potřeby GVD, to proto, aby se co nejdříveji vystihl průběh rychlosti během jízdy i technika jízdy (použité jízdní stupně, výběhy ap.). Přesto byly rozdíly mezi naměřenými hodnotami a výsledky výpočtů značné. Vypočtené hodnoty spotřeby byly o 12 až 50 % větší. Vypočtené jízdní doby u stejnosměrné trakční soustavy vycházely v průměru o 7 % delší, v souladu s tím, že vypočtené rychlosti byly většinou nižší než při měřicích jízdách. Naproti tomu u střídavé soustavy se objevil paradox: vypočtené jízdní doby byly v průměru o 8,5 % kratší, přestože se na dlouhých úsecích udržovala rychlost nižší asi o 5 %. Byla proto provedena revize programů užívaných ÚVTD a na základě toho navrženy úpravy, zaměřené na zlepšení simulace jízdy vlaku, včetně zlepšení aproximace trakčních charakteristik. Tím bylo dosaženo značného zlepšení.

V druhé fázi se pracovníci VÚŽ věnovali otázkám energeticky optimálního způsobu jízdy vlaku při dané jízdní době. Pro řešení úloh spojených s hledáním energeticky optimálního způsobu řízení vlaku vypracovali program pro výpočet tachogramu a spotřeby elektrické energie pro jízdu vlaku. Od výše zmíněných programů ÚVTD se tento program podstatně liší především tím, že při požadavku na snížení rychlosti, případně na zastavení, dovede určit místo, kde má začít výběh. Kromě toho program simuloval též automatickou regulaci rychlosti, která byla u lokomotiv ČSD již tehdy běžně používána.

Zadavatelem bylo nejprve požadováno řešení energetické optimalizace vozby rychlíků na trati Praha - České Budějovice prostřednictvím graficko-tabelární pomůcky. Tyto rychlíky vozí dvousystémové lokomotivy řady 363 s automatickou regulací rychlosti. Soupravy byly sestavovány z vozů Bmee, Amee a Bdmeer. Protože se ukázalo, že jízdní vzorce používané u ČSD podle předpisu V7 dávají vyšší hodnoty než odpovídá skutečnosti, byl pro tento účel odvozen nový vzorec jízdního odporu na základě měřicích jízd uskutečněných v roce 1989. Variantními výpočty byl nalezen

energeticky optimální tachogram pro pravidelné jízdní doby. Výsledek byl zpracován graficky ve formě dráhového tachogramu, doplněného pokyny pro činnost strojvedoucího. Pokyn pro strojvedoucího měl tyto složky:

- traťový kilometr,
- poloha přepínače jízda/výběh,
- hodnota pro volbu rychlosti tlačítkovým ovladačem.

Pro ověření efektu, který by použití pomůcky mohlo přinést, se uskutečnilo dlouhodobé sledování, při kterém se porovnávaly tři varianty:

I - jízda bez pomůcky a bez použití automatické regulace rychlosti,

II - jízda bez pomůcky s použitím automatické regulace rychlosti,

III - jízda podle pomůcky (včetně použití automatické regulace rychlosti).

Zatímco mezi variantami I a II nebyl výrazný rozdíl, varianta III vykazovala v průměru snížení spotřeby asi o 5 % ve směru Praha - České Budějovice a asi o 10 % ve směru České Budějovice - Praha.

Dalším krokem byl vývoj funkčního vzorku naváděcího systému, který by předával strojvedoucímu pokyny pro energeticky optimální způsob jízdy. Základem systému byl počítač. Pro funkční vzorek byl použit laptop Toshiba T1000. Ten dostával ze skříně automatické regulace rychlosti lokomotivy údaje o ujeté dráze a rychlosti. Ve stanicích se vkládala do systému informace o odjezdu, příjezdu a průjezdu ručně stisknutím klávesy S. Na displeji se zobrazovaly pokyny pro řízení vlaku:

- poloha přepínače jízda/výběh,
- hodnota pro volbu rychlosti tlačítkovým ovladačem

a další informace: rychlost jízdy, poloha vlaku (traťový kilometr), aktuální čas; při průjezdu dopravnou ještě její název a případně hodnota zpoždění.

Při změně pokynu se příslušný požadavek na volbu rychlosti nebo přepnutí přepínače zobrazoval nejprve negativně (bílé znaky na černém pozadí), což bylo doprovázeno trojím zvukovým signálem - při posledním se zobrazení měnilo na pozitivní, což představovalo výkonný povel. Data pro řízení jízdy vlaku byla získána optimalizačními výpočty a uložena na disketě. Před jízdou se ukládala do paměti počítače (šlo o počítač bez pevného disku). Výpočty byly provedeny pro různé jízdní doby. Při každém průjezdu stanicí počítač vyhodnotil odchylku od jízdního řádu a podle toho volil variantu pro další řízení jízdy. Systém byl v roce 1992 s dobrými výsledky ověřován při jízdách s rychlým nákladním vlakem Nex 40022 na trati České

Budějovice - Praha-Hostivař. Tyto aktivity probíhaly v rámci participace VÚŽ na řešení úkolu ORE A 168 "Energetické problémy železnice" v letech 1984 až 1994.

S hledáním úspor energie souvisela také aplikace netradičních zdrojů energie. Jako důsledek energetické krize v sedmdesátých letech byly hledány možnosti uplatnění netradičních zdrojů energie pro tehdejší ČSD. Řídícím pracovištěm úkolu byl VÚD Žilina a VÚŽ Praha řešil problematiku možnosti použití tepelných čerpadel. V rámci tohoto dílčího úkolu byl uskutečněn rozsáhlý průzkum, na jehož základě byla vytypována místa, která poskytovala nejlepší možnosti při nejnižších nákladech. Z těchto míst pak byla nakonec vybrána OTV Most, kam bylo dodáno tepelné čerpadlo voda - voda, výrobek Frigera Kolín.

Čerpadlo bylo vestavěno do stávajícího systému kotle na koks a potřebná energie byla získávána pomocí výměníku, jenž byl umístěn v korytu nedalekého potoka. Zařízení bylo uvedeno do provozu v roce 1984 a bylo natolik účinné, že prakticky vyloučilo nutnost provozovat koksovou kotelnu a údajně pracuje úspěšně až dodnes. Nedostatek tepelných čerpadel byl příčinou toho, že nebylo možno tato zařízení nasadit i do jiných příhodných míst.

Zavádění statických měničů frekvence pro napájení zabezpečovacího zařízení

I když samotná zabezpečovací zařízení nepatří do oblasti působnosti železniční elektrotechniky, jejich napáječe jsou místem rozhraní a do její sféry patří. Jako prevence nežádoucího ovlivňování byly pro zabezpečovací obvody zvoleny jiné frekvence než standardních síťových 50 Hz. Pro změnu frekvence se běžně využívaly rotační měniče.

První pokusy s využitím statických měničů frekvence pro napájení zabezpečovacího zařízení je možno datovat do období let 1976 - 77, kdy se začal projevovat důsledek administrativního státního rozhodnutí, kterým byla zastavena výroba rotačních měničů v tehdejší závodech MEZ Vsetín. Vzhledem k akutnímu nedostatku potřebných strojů byl akceptován návrh pracovníků VVO 7 VÚŽ Praha, a pro řešení tohoto nouzového stavu byly vyráběny stroje vzniklé spojením dvou standardních asynchronních motorů vhodného typu.

Současně s tím bylo na podzim roku 1976 vyvoláno jednání u tehdejšího dominantního výrobce statických měničů potřebné výkonové úrovně EVÚ Dubnica (SR). Nabízené zařízení bylo svými rozměry a nízkou spolehlivostí pro napájení tohoto

druhu zařízení nevhodné, a tak jsme od dalšího jednání ustoupili, aniž došlo k praktickému ověření v provozu. Prakticky paralelně jsme sondovali možnost nákupu vhodného rotačního stroje z Maďarska. Ani tento nákup se neuskutečnil, protože okamžitá potřeba byla saturována výrobou měničů z asynchronních motorů.

Zhruba na konci sedmdesátých let se objevila nadějná možnost v závodě ČKD, který začal vyrábět tyristorové měniče vhodného výkonu pro napájení důlních kombajnů. Dva tyto měniče typu S-50 byly získány a upraveny pro frekvenci 75 Hz. Zkoušky probíhaly převážně v napájecí stanici Modřice u Brna a v zásadě potvrdily správnost nastoupené cesty. Přes veškerou snahu se však nepodařilo upravit tento měnič proudového typu tak, aby diference výstupních napětí byla v přijatelných mezích i při nesymetrii zátěžových impedancí.

První kladné výsledky byly dosaženy až v osmdesátých letech s následným statickým měničem, jehož výrobcem byla firma Ostroj Opava. Rovněž tento měnič byl původně určen pro pohon důlních kombajnů. Jeho konstrukce, jež byla založena na v té době nejprogresivnější technologii výkonových tranzistorů, odstraňovala obtíže způsobené diferencí sdružených výstupních napětí, protože se z konstrukčního hlediska již jednalo o měnič napět'ového typu. Měniče tohoto typu byly nasazeny v řadě míst a úspěšně nahradily neekonomické rotační měniče s tím, že se navíc úspěšně uplatnily i v dalších aplikacích v provozu ČD.

Práce železničního elektrotechnického výzkumu pro Metro v Praze

VÚŽ působil zpočátku převážně v oboru železniční kolejové dopravy pro ČSD, nyní ČD a pro řadu výrobních závodů železničních kolejových hnacích i vlečených vozidel. V oboru městské hromadné kolejové dopravy se působení VÚŽ prakticky nevyskytovalo. Tato situace se změnila v roce 1967, když 9. srpna přijala vláda ČSSR usnesení o výstavbě metra v Praze, a to bez mezičty podpovrchové tramvaje.

Dopravní kolejový systém, který tvoří metro, se v základních rysech podobá spíše železniční dopravě na hlavních drahách než kolejové městské dopravě, kterou představují tramvaje. Poněvadž v době rozhodnutí o výstavbě metra v Praze nebyly v našem státě žádné zkušenosti s výstavbou tohoto dopravního systému, bylo třeba hledat vhodná technická pracoviště schopná řešit tuto náročnou problematiku. Zde bylo možno

zúročit dlouholeté zkušenosti podniků a ústavů podílejících se na elektrizaci ČSD (ČKD, SÚDOP, EŽ, ŽS, AŽD, VÚŽ a dalších).

V průběhu roku 1969 začala jednání o sestavení státních úkolů pokrývajících technickou problematiku výstavby metra. Jedním z řešitelů těchto rozsáhlých výzkumných úkolů se stal i VÚŽ, kromě jiného též v oboru elektrických vlaků metra a energetického napájení trakčních i ostatních zařízení metra v Praze.

Pracovníci VÚŽ se v průběhu let 1970 a 1971 účastnili vývoje prototypu soupravy R1 české výroby (ČKD Praha - závod Tatra Smíchov) jednak jako členové prototypové komise, a jednak při jízdách zkoušek dohotoveného prototypu soupravy R1, které byly zahájeny v květnu 1971 na zkušební trati DP Metro z depa Kačerov do žst. Praha-Krč.

Paralelně s vývojem české soupravy R1 pro metro probíhala technická jednání o možnosti nákupu vozů metra typu Ečs ze Sovětského Svazu. Také těchto jednání se účastnil pracovník VÚŽ jako expert pro technické parametry a zkoušení elektrických hnacích vozidel (v tomto případě vozů metra). Tento nákup ze Sovětského Svazu česká vláda schválila v březnu 1971.

Na soupravě R1 pokračovaly i po tomto rozhodnutí prototypové zkoušky dál. Kromě ověřování trakčních a energetických vlastností soupravy se zkoušela soustava pro rychlostní regulaci a cílové brzdění soupravy R1 vyvinutá ve VÚŽ.

Tato soustava rychlostní regulace byla aplikována i na dodávaných vozech Ečs, které jezdily na prvé budované trase C.

Výzkumné práce VÚŽ se v rámci již zmíněných státních výzkumných úkolů soustředily na provádění ověřovacích typových zkoušek vozů Ečs v podmínkách napájecí soustavy v pražském metru.

Po dodání prvních šesti vozů Ečs v říjnu 1973 probíhaly ověřovací zkoušky na zkušební trati DP Metro na Kačerově. Zkušební provoz na budované trase I.C byl zahájen 1. ledna 1974, a od tohoto data byly ověřovací zkoušky prováděné pracovníky VÚŽ v reálných podmínkách provozu metra.

Šlo především o ověření trakčních a energetických parametrů dodaných vozů Ečs a koordinaci a ověření ochrany vozidla, zejména ochrany nadproudových. Na základě těchto zkoušek prováděných pracovníky VÚŽ byla pak nahrazena zastaralá

nadproudová ochrana vozu Ečs ve formě otevřené páskové pojistky v dřevěné skřínce modernějším typem pojistky s keramickým tělesem a pískovým zhášením umístěné v plechové skřínce. Tyto keramické pojistky byly v pozdějších letech, po dalších zkouškách prováděných VÚŽ, nahrazeny dokonalejšími výrobky od jiných specializovaných firem.

Další část výzkumného úkolu pro metro v Praze se týkala energetického napájení trakčních vozidel, eskalátorů, ventilátorů tunelů, čerpadel a zabezpečovacího zařízení. Projekt energetického napájení zpracoval SUDOP Praha a po roce 1970 převzal tyto práce nově ustavený Metroprojekt.

Ve VÚŽ v rámci těchto projektových prací byl zpracován optimalizovaný jízdní řád vozů metra, s ohledem na minimalizaci spotřeby elektrické energie. Pro takto optimalizovaný jízdní řád byly stanoveny časové průběhy proudů odebíraných vozy metra, celkové proudové zatížení jednotlivých měření v provozních i poruchových stavech, a též byly kontrolovány úbytky napětí na napájecí kolejnici v místech odběru proudu trakčním vozidlem. Rovněž byla určena spotřeba elektrické energie pro trakci v jednotlivých měřeních.

Dále byl proveden výpočet časového průběhu zkratového proudu tekoucího z křemíkových usměrňovačů při zkratu na sběrači vozidla metra (zkrat na napájecí kolejnici) pro různá zapojení s omezujícím reaktorem, nebo bez omezujícího reaktoru ve zpětném vedení trakčního proudu.

Kromě těchto teoretických rozborů bylo možno provádět po vybudování zkušební trati u depa metra na Kačerově od listopadu 1971 experimentální práce vedoucí k poznatkům o chování napájecí soustavy zejména při poruchových stavech. Tak byly ověřeny vypínací vlastnosti stejnosměrných napájecích vypínačů v provizorní měřítně napájecí zkušební trati při tvrdých zkratech na napájecí kolejnici v různých vzdálenostech od měřírny, bez předchozího, a též s předchozím proudovým zatížením. Dále pak při zkratech obloukových (simulace přejiskření izolátoru napájecí kolejnice) opět bez nebo s předchozím proudovým zatížením.

Po uvedení trasy I.C do zkušební provozu v lednu 1974 prováděl VÚŽ rozsáhlé zkratové zkoušky ve všech třech měřítních na trase. Byly ověřovány vypínací schopnosti napájecích rychlovypínačů při jednostranném i oboustranném napájení

při tvrdých zkratech na různých místech napájecí kolejnice (zkrat na sběrači vozu metra). Dále se zkoušela koordinace a nastavení neproudových ochran všech rychlovyypínačů v měnících při poměrech opětného zapínání a vazby napaječů. Konečně byla též ověřována situace při zkratech za hlavní pojistkou vozu metra, tj. simulace zkratu na kabeláži vozu nebo přejiskření na komutátoru trakčního motoru, opět v různé vzdálenosti vozu od měnících při jednostranném a oboustranném napájení. Též se experimentálně ověřovala velikost nastavení každého rychlovyypínače ve všech měnících. Byl sledován vliv povrchových stavů v napájecí soustavě metra na zabezpečovací zařízení, zejména na kolejové obvody.

Samostatnou kapitolou při zkušebním provozu bylo mapování výskytu a velikosti bludných proudů, které se vyskytovaly ve stavebních a elektrotechnických zařízeních metra, a které vyvolával samotný provoz metra nebo i provoz jiných elektrizovaných drah v Praze, tj. tramvaje a vlaky ČSD.

Též byly prováděny zkratové zkoušky v rozvodu 3x380 V, 50 Hz a sledovány jevy při těchto stavech, zejména s ohledem na napájení zabezpečovacího zařízení.

Všechny teoretické i praktické poznatky byly ihned předávány Metroprojektu a DP-Metro a prováděny úpravy na vozidlech i na napájecím zařízení ještě před zahájením provozu na trase I.C v květnu 1974.

Kromě těchto prací byly v období od roku 1974 prováděny experimentální práce při ověřování nových typů napaječových rychlovyypínačů pro měnící, pojistek a nového rychlovyypínače pro vozidlo, který by nahradil pojistku jako hlavní nadproudovou ochranu vozu metra.

Pracovníci VÚŽ byli také členy kolaudačních komisí při uvádění jednotlivých tras metra do provozu.

Na základě dobré spolupráce VÚŽ a DP-Metro došlo pak k pravidelné účasti VÚŽ na uvádění do provozu všech budovaných tras metra, kde byly prováděny zkratové zkoušky pro ověření vypínacích vlastností všech stejnosměrných napaječových rychlovyypínačů a jejich nadproudového nastavení. To se událo v letech: 1978 trasa I.A, 1980 trasa II.C, 1980 trasa II.A, 1984 trasa III.C, 1985 trasa I.B, 1988 trasa III.B, 1990 trasa II.B, 1994 trasa V.B, 1998 trasa IV.B a konečně v r. 1999 pro zkušební kolej ve Zličíně.

Pro projektovanou trasu IV.C1 z Nádraží Holešovice přes Troju do Kobylis a Ládví, kde vzhledem na značný výškový rozdíl vychází limitní sklon tratě, zpracoval VÚŽ studii, obsahující řadu variantních výpočtů trakčních a brzdových vlastností vozidel metra při jízdě oběma směry.

Celkově lze hodnotit více než 25letou spolupráci DP Metro a VÚŽ v oboru elektrických trakčních zařízení velmi kladně s dobrými pracovními výsledky.

A jen jako doklad o tom, že VÚŽ se neuzavírá ani před problémy dopravy, která není kolejová. Zajímavá práce proběhla ve VÚ při vývoji trolejbusů s pulzním měničem. Zde pracovníci VÚ vyšetřovali příčinu vznikajícího intenzivního rušení, jehož údajnou příčinou měl být pulzní měnič trolejbusu. Pracovníci VÚ však zjistili, že příčinou rušení je šestipulzní usměrňovač měřírny, jehož složka 300 Hz ve výstupním usměrněném napětí je prakticky "zkratována" vstupním kondenzátorem pulzního měniče trolejbusu, protože zde není použita sériová tlumivka. Tato měření proběhla jak u výrobce trolejbusů v Ostrově nad Ohří (1982), tak i v Dopravním podniku města Hradec Králové (1983) a Českých Budějovic.

Závěr

Všichni autoři tohoto článku jsou, nebo po dlouhou dobu byli pracovníky VÚŽ. Mnozí z nich jsou absolventi VŠD, a někteří navíc, po delší či kratší dobu, patřili i mezi její pedagogy. Je proto samozřejmé, že vazby na výchovu nových generací železničních specialistů - elektrotechniků byly vždy součástí jejich práce, podobně jako u všech ostatních specializací zastoupených ve VÚŽ. Byly to také desítky diplomantů, kteří se potýkali s diplomovými pracemi, jejichž zadání vycházelo z řešení výzkumných úkolů ústavu. Zcela jistě však nacházeli u svých konzultantů z VÚŽ pochopení a pomoc tam, kde jejich zkušenosti ještě nestačily. A naopak, nejedna diplomová práce posunula řešení problémů o kus dál. Je třeba si jen přát, aby mladí inženýři nacházeli cestu k železnici a k jejímu výzkumu. Je třeba si jen přát, aby železnice a její výzkum nabízely vedle zajímavé a často vzrušující práce i dobré podmínky a perspektivy mladým inteligentním lidem.

V Praze, únor 2000

Lektoroval: Ing. Jan Matějka

ČD DDC 014