

Jan Matějka

## Nová technika při elektrizaci trati Brno - Česká Třebová

Klíčová slova: *elektrizace, trakční napájecí stanice, trakční vedení, rozvodna, účinník, filtrace  
a kompenzace, usměrňovač, rychlovypínač.*

### 1. Úvod

Začátkem roku 1999 byl zahájen elektrický provoz na trati Brno - Česká Třebová. Byl to jediný úsek I. koridoru, který dosud nebyl elektrizován z důvodů náročných rekonstrukcí tunelů a předelektrizačních úprav. Úsek je spojnicí mezi elektrizovanými tratěmi s rozdílnými trakčními soustavami. Jižní část vychází z jednofázové trakční soustavy 25 kV 50 Hz, severní část ústí do stejnosměrné trakční soustavy 3 kV. Dělicí místo je před vjezdem do žst. Svitavy od Brna tak, že žst. Svitavy je již součástí stejnosměrné soustavy, aby ji na základě dopravních požadavků bylo možno obsluhovat z České Třebové jednosystémovými hnacími vozidly stejnosměrné trakce. Současně tak byla také řešena minimální ochranná vzdálenost (8 km) původní zabezpečovací techniky s kolejovými obvody 50 Hz v žst. Česká Třebová a na původně elektrizované trati od negativních vlivů jednofázové trakční soustavy 50 Hz. Výměna této techniky v dnešních ekonomických podmínkách ČD není reálná.

V současnosti se jedná o poslední nově elektrizovanou trať, která prochází náročným terénem Moravského Krasu a Dražanské vysočiny s významnými požadavky na minimalizaci ekologických rizik. Tyto skutečnosti, vedle technických a ekonomických kritérií, přispěly k použití některých moderních a u Českých drah dosud ojedinělých technických zařízení.

Stavba elektrizace trati Brno - Česká Třebová (generální dodavatel Elektrizace železnic Praha) navazovala na stavby modernizací, a to úseku Brno - Skalice (generální dodavatel Železniční stavitelství Brno) a úseku Skalice - Česká Třebová (generální dodavatel IPS Praha). Příspěvek nabízí přehled nových technických zařízení a postupů uplatněných při elektrizaci a zavedených do provozu u ČD.

---

**Ing. Jan Matějka**, nar. 1942, absolvent VŠD Žilina obor elektrická trakce a energetika v dopravě. Od nástupu k ČSD v roce 1961 pracuje v odvětví elektrotechniky a energetiky. V současnosti u odboru elektrotechniky a energetiky ČD DDC jako vedoucí oddělení energetiky a napájecích systémů a zástupce ředitele odboru.

Stavba elektrizace trati Brno - Česká Třebová (generální dodavatel Elektrizace železnic Praha) navazovala na stavby modernizací, a to úseku Brno - Skalice (generální dodavatel Železniční stavitelství Brno) a úseku Skalice - Česká Třebová (generální dodavatel IPS Praha). Příspěvek nabízí přehled nových technických zařízení a postupů uplatněných při elektrizaci a zavedených do provozu u ČD.

## 2. *Trakční napájecí a spínací stanice*

**V trakčních napájecích stanicích je nejvíce nových technických zařízení, poprvé uplatněných v provozu ČD.**

**Vyjmenovat lze především:**

- zapouzdřené vvn rozvodny 110 kV firmy ABB, umístěné v prvním nadzemním podlaží budov TT
- vvn/vn transformátory, umístěné v krytých transformátorových komorách
- vnitřní provedení rozvoden 27 kV s jednopólovými vakuovými vypínači SIEMENS
- čtyřkvadrantové elektroměry pro měření odběru elektřiny od REAS
- plynule regulovatelná filtračně-kompenzační zařízení (FKZ) jednofázové trakce
- přívodní vedení 110 kV ve správě ČD
- rychlovpínače Sécheron
- distribuovaný řídicí systém kontroly a řízení (SKŘ) pro lokální řízení TNS

### 2.1 *Specifikace napájecího systému*

Pro napájení trakčního vedení na trati Brno - Česká Třebová byly vybudovány tři trakční napájecí stanice (TNS) a dvě spínací stanice (SpS):

- trakční transformovna (TT) Blansko
- trakční transformovna (TT) Svitavy
- trakční měnič (TMR) Opatov
- jednofázová spínací stanice Maloměřice
- jednofázová spínací stanice Letovice

Na rozhraní obou trakcí ve Svitavách nebylo možné získat územní rozhodnutí pro výstavbu kombinované napájecí stanice. Důvodem byly zejména obavy z ohrožení vysokotlakého a středotlakého rozvodu plynu v městské aglomeraci působením zpětných proudů stejnosměrné trakce. Proto bylo přijato takové atypické řešení, že stejnosměrná část původně navrhované kombinované napájecí stanice byla vysunuta do Opatova, kde již ohrožení systému plynovodů nebylo pokládáno za kritické. Ponecháním transformace 110/22 kV ve společné rozvodně ČD 110 kV TT Svitavy a řešením napájení TMR Opatov kabelovým vedením 22 kV ve správě a provozu ČD byly pak pro ČD zajištěny výhody připojení a tarifů za odebranou elektřinu na úrovni vvn i pro TMR Opatov.

Trakční transformovny a spínací stanice určené pro napájení úseku trati Brno - Svitavy jsou ústředně řízeny z elektrodispečinku Českých drah (EDČD) Brno. Vývody napájecích kabelů 22 kV pro TMR Opatov na TT Svitavy a celá TMR Opatov jsou ústředně řízeny a ovládnuty z EDČD v České Třebové.

### 2.2 *Hlavní zásady řešení TT*

#### 2.2.1 *Rozvodna 110 kV*

Řešení rozvoden 110 kV je v podmínkách ČD zcela nové a unikátní a není běžně používáno ani v podmínkách rozvodných energetických akciových společností (REAS). Na obou TT (Blansko, Svitavy) je z ekologických a rozměrových důvodů použit zapouzdřený rozváděč se jmenovitým napětím 123 kV s vnitřní izolací plynem SF<sub>6</sub> (hexafluorid síry) firmy ABB, typu ELK-O. Uspořádání rozvoden je dvouřadé s jedním systémem podélně dělených přípojnic ("H") se čtyřmi vypínači se zhášecím médiem SF<sub>6</sub> na známém principu. Přejít z venkovního vedení do rozvodny je řešen pomocí průchodek SF<sub>6</sub> - vzduch. V těsné blízkosti vstupních průchodek 110 kV, vně objektu, jsou instalovány svodiče přepětí. Olejové transformátory jsou na straně 110 kV připojeny pomocí zapouzdřených vodičů průchodkami v provedení olej - SF<sub>6</sub>.

SF<sub>6</sub> izolované zapouzdřené rozvodny (GIS) mají ve srovnání se stávajícími venkovními rozvodnami 110 kV jen velmi malé požadavky na zastavěný prostor. Zapouzdřený rozváděč 123 kV je v obou případech umístěn v 1. patře budovy a v přízemí je umístěna rozvodna 27 kV s kabelovými vývody na trakční vedení (TV). Provozní bezpečnost zapouzdřených rozvoden izolovaných SF<sub>6</sub> nepodléhá vnějším vlivům jako je znečištění, vlhkost atp. Rozvodny proto mají nepatrné nároky na údržbu a při normálních pracovních a provozních podmínkách je lze pokládat za prakticky bezúdržbové.



Zapouzdřená rozvodna firmy ABB 110 kV v TT Svitavy

### 2.2.2 Stanoviště transformátorů, trakční transformátory

Stanoviště transformátorů jsou řešena jako dvě kryté, vzájemně oddělené transformátorové komory pro olejové transformátory.

V každé komoře je záchytná havarijní jímka na 100 % objemu oleje transformátoru.

Z důvodu použití nádobových ochranných (Chevaliérových) relé je provedeno odizolování transformátorů od země.

V TT Blansko jsou instalovány dva a v TT Svitavy jeden jednofázový regulační trakční transformátor výrobce Škoda ETD Plzeň s.r.o., výkon 10/12,5 MVA (bez ofukování / s ofukováním) s převodem  $110 \pm 8 \times 2\% / 27$  kV, frekvence 50 Hz. Jmenovité proudy 113/463 A. Nádobu transformátoru je zvonové konstrukce. Magnetický obvod je dvoujádrového provedení z transformátorových za studena válcovaných plechů s keramickou izolací, složených přeplátovaně při stříhu  $45^\circ$ . Vinutí je hliníkové z plochých izolovaných vodičů OCPN. Chlazení je řešeno samostatnou radiátorovou baterií do výkonu 10 MVA jako přirozené, nad 10 MVA s ofukováním radiátorů ventilátory. Řízení ofukování je automatické v závislosti na teplotě oleje transformátoru. Odbočky jsou řešeny na vinutí 110 kV s přepínačem pod zatížením. Řízení regulace je umožněno ústředně z EDČD, dále z dozorny, místně tlačítky ze skříň motorového pohonu a nouzově ručně klikou u motorového pohonu. Transformátor je vybaven dvěma dilatačními nádobami - pro dilataci oleje v transformátoru (je umístěna na chladičích bateriích) a pro dilataci oleje v nádobě přepínacího zařízení (umístěna na nádobě transformátoru). Transformátor je navržen tak, že mezi revizemi snese 200 zkratů proti zemi ve vzdálenosti 1 km od napájecí stanice.

Pro napájení trakční měničny Opatov je v jedné transformátorové komoře TT Svitavy instalován třífázový regulační transformátor typu 9 ER 27 M-7 výrobce Škoda ETD Plzeň s.r.o. s výkonem 10/10/(3,15) MVA s převodem  $110 \pm 8 \times 3\% / 23 / (6,3)$  kV, frekvence 50 Hz, skupina spojení Yyn0/(d). Magnetický obvod transformátoru je tříjádrový z orientovaných plechů s keramickou izolací, šikmé řezy. Vinutí měděné. Chlazení přirozené olejové v radiátorech na nádobě. Přepínání odboček pod zatížením na vinutí 110 kV, CFVV, reverzace. CFVV znamená, že napětí v odbočkovém vinutí je konstantní od odbočky k odbočce. Řízení regulace je ústředně z EDČD, dále z dozorny, místně tlačítky ze skříň motorového pohonu a nouzově ručně klikou u motorového pohonu. Konstrukce nádoby je na plný vakuum, což zajišťuje vysokou olejotěsnost. Ve spojovacím potrubí mezi nádobou transformátoru a dilatační nádobou je umístěn termohydraulický uzávěr, omezující nežádoucí cirkulaci oleje mezi strojem a dilatační nádobou. Dilatační nádoba je rozdělena na zvláštní prostor pro olej a vzduch z nádoby transformátoru a zvláštní prostor pro olej a vzduch z přepínací odboček. Transformátor je opatřen epoxidovým nátěrem a radiátory jsou žárově zinkovány.

### 2.2.3 Rozvodna 27 kV

V obou TT je R 27 kV realizována jako jednořadová vnitřní kobková rozvodna. V případě TT Blansko je tvořena 11 kobkami, nevykonově dělená na tři části. Ze střední přípojnice je připojen jednofázový transformátor vlastní spotřeby (TVS). Rozvodna 27 kV v TT Svitavy je tvořena čtyřmi kobkami.

V přední části kobek je instalován vakuový jednopólový vypínač, jeden nebo dva odpojovače (dva v kobkách napáječových vývodů), přístrojový transformátor proudu přístrojové transformátory napětí chráněné vn pojistkami a ovládací skříň. Pohony všech spínacích přístrojů VN jsou elektromotorické.

### 2.2.4 Jednopólové vakuové vypínače SIEMENS

Jako základní výkonový prvek rozvoden 27 kV v TT i v SpS byly poprvé u ČD použity jednopólové vakuové vypínače firmy SIEMENS, typ 3AH4784-3RE44-OEC-Z. (Byly vybrány až v situaci, že původně první vybranou nabídku vakuových vypínačů Škoda Plzeň nebylo v termínu výstavby reálné uskutečnit.)

Jedná se o kvalitní jednopólový vakuový vypínač vnitřního provedení pro jmenovité napětí 27,5 kV, jmenovitý proud 1600 A a jmenovitý vypínací proud 25 kA. Konstrukce vypínače sestává ze sériového motorového střadačového pohonu, na kterém je upevněno zhášedlo pomocí epoxidových podpěrných izolátorů.

Zhášení elektrického oblouku probíhá následovně:

Po rozpojení kontaktů vzniká průchodem vypínaného proudu elektrický oblouk, který vyvine kovové páry z kontaktů. Přes takto vzniklé plazma protéká proud až do následujícího průchodu nulou. Elektrický oblouk zanikne v blízkosti průchodu proudu nulou, přičemž vodivé kovové páry kondenzují v průběhu několika milisekund na kovových plochách, a tím se velmi rychle obnoví izolační pevnost vypínací dráhy. Při vypínání velkých proudů je nutno zamezit lokálnímu přehřívání kontaktů. To je zajištěno zvláštní konstrukcí kontaktů, které při vzniku elektrického oblouku vytvářejí průchodem proudu magnetické pole, jehož vlivem oblouk rotuje po ploše kontaktu. Intenzita deionizace prostoru mezi kontakty je tak velká, že může dojít k přerušení proudu ještě před jeho průchodem nulou (tzv. proud utržení). To může vést vlivem indukčností a kapacit spínaného obvodu ke vzniku přepětí. Pro správné vypnutí a zamezení vzniku přepětí je nutné udržet oblouk mezi kontakty co nejdéle, nejlépe až do průchodu nulou. Použitím speciálních materiálů a geometrie kontaktů byl u zhášedel SIEMENS dosažen proud utržení menší než 4 - 5 A a ke vzniku přepětí nedochází. U vakuového vypínače není elektrický oblouk ochlazován a plazma kovových par má vysokou elektrickou vodivost. Výsledkem je velmi malé napětí oblouku o hodnotách od 20 do 200 V. Z těchto důvodů a z důvodu krátkých časů hoření oblouku je energie ve vypínací cestě velmi malá. To je základem dlouhé elektrické životnosti zhášedla.

Zhášedlo - vypínací trubice - se skládá ze střední ocelově pokovené spínací komory se symetrickým keramickým izolátorem. Tato sestava skýtá četné praktické přednosti. Průměry kontaktů a přívody proudů jsou spolu se spínací komorou a izolátory optimalizovány. Tím byla dosažena úzká konstrukce komory, což umožňuje konstrukci prostorově úsporných vypínačů. Obloukové teplo, vzniklé rozpínáním – spínáním, je rozptýleno do okolí prostřednictvím chromniklové ocelové stěny komory. Natvrdo do spínací příruby zaletované izolátory jsou z hliníko-oxidační keramiky a zaručují trubici trvale dobré izolační hodnoty a vysokou mechanickou pevnost. Kontakty jsou souměrné uspořádány ve vakuovém hermeticky uzavřeném prostoru s podtlakem 10<sup>-9</sup> barů. Kovový vlnovec, přivařený mezi pohyblivý kontakt a víčko zhášedla, umožňuje zdvih pohyblivého kontaktu a zajišťuje utěsnění. Zhášedlo neobsahuje žádné pryžové těsnění. V důsledku vysoké dielektrické pevnosti a rychlé regenerace vakuové vypínací dráhy je dostačující zdvih několik málo milimetrů. Z těchto důvodů vyžadují tyto vakuové trubice pouze malou obslužnou energii a mají dlouhou životnost bez údržby.

### 2.2.5 Rozvodna 22 kV

Pro napájení TMR Opatov je v TT Svitavy instalována rozvodna 22 kV, která zároveň obsahuje vývod pro TVS 22/0,4 kV, 100 kVA. Je použit typový skříňový rozváděč firmy ABB-EJF Brno s vakuovými vypínači VD 4, sestavený ze čtyř skříní. Vypínače jsou umístěny na výsuvném vozíku s roubíkovými kontakty. Vysunutím vozíku je řešeno odpojení hlavního silového obvodu. Skříňe jsou vybaveny zábleskovou ochranou HZO. Přístroje pro ovládání, signalizaci, měření a jištění se nacházejí v přístrojových skříních, které jsou součástí rozváděče.

### 2.2.6 Systém kontroly a řízení TT (SKŘ)

Pro ovládání, řízení, měření a ochrany byl na návrh ŽS Brno až v průběhu výstavby projednán a aplikován decentralizovaný řídicí systém pro řízení technologie napájecích stanic (DŘS). Jedná se o řešení a

dodávku ŽS Brno, a.s. ve spolupráci s firmou MICROSYS s.r.o. DŘS je použit pro řízení technologie obou TT kromě zapouzdřených rozveden 110 kV. Navržený systém přinesl náhradu původního pevného vydrátování povelových, signálních a ochranných funkcí datovou komunikací mezi mikroprocesory (INCOS) v jednotlivých kobkách a jednotkou technologie ústředního řízení z EDČD na podružné stanici (RTU 200 ABB). DŘS se obecně skládá ze dvou úrovní:

- Procesní úroveň začleněná přímo do skříní technologického zařízení.
- Dispečerská úroveň instalovaná v dozorně napájecí stanice - slouží jako doplňkový informační systém pro údržbu a obsluhu TNS. V technologii TNS je tato úroveň aplikována jako nadstavba pro řízení technologie z jednoho místa. Při ústředním řízení z EDČD není tato úroveň nutná k zajištění provozu.

Systém DŘS přebírá kontrolu nad technologickým zařízením, v případě přítomnosti obsluhy na TNS zajišťuje informovanost obsluhy prostřednictvím volitelných monitorových snímků a umožňuje ovládání zařízení prostřednictvím PC. Ve všech režimech se uskutečňuje kontrola oprávněnosti a proveditelnosti jednotlivých manipulací. O všech signalizacích a funkcích (stavech) technologického zařízení je průběžně pořizován podrobný protokol včetně zásahů obsluhy. Současně DŘS zajišťuje archivaci naměřených hodnot s možností zobrazování trendů na obrazovce a umožňuje jejich tisk na tiskárně.

Technické prostředky dispečerské úrovně jsou tvořeny jedním PC se zvýšenou spolehlivostí, na kterém jsou kumulovány funkce koordinačního počítače pro TNS a dále systém komunikace člověk - počítač s rozhraním pro zajištění přenosu informací pro obsluhu. Aplikace na PC pro řízení a vizualizaci technologie je vytvořena v softwarovém systému PROMOTIC.

Procesní úroveň se skládá ze dvou typů zařízení:

- Vývodové terminály (INCOS), což jsou programovatelné automaty, pro které je možné vytvořit uživatelský software. Vývodové terminály jsou určeny pro sledování a ovládání silových obvodů rozveden, trafostanic a měření.
- Vstup/výstupní moduly - slouží jako rozšiřující moduly ke sběru dat.

Komunikace mezi procesní úrovní a systémem ústředního řízení RTU 200 je realizována pomocí sběrnice CAN. Počítač dispečerské úrovně je připojen přímo do systému RTU 200 a využívá data přenášená pro ústřední ovládání. DŘS tak umožňuje místní ovládání jednotlivých polí (kobek) TNS, dálkové ovládání z dozorny a ústřední řízení (centrální) z EDČD.

Místní ovládání je umožněno přímo ovládacími prvky na dveřích ovládacích skříní. Signalizace je provedena signálkami a ukazateli stavu. Funkčnost tohoto ovládání je podmíněna přepnutím přepínače na skříní do režimu "místně". Je-li tento přepínač v poloze "dálkově", je technologie ovládána z dozorny nebo ústředně z dispečinku. Povolení (předvolba) ústředního řízení se provádí přes klávesnici PC v dozorně TNS. Signalizace stavu jednotlivých prvků je na dozorně provedena pomocí volitelných obrazů na obrazovce PC. DŘS umožňuje nejen okamžitý přehled o aktuální situaci na TNS a přehled o poruchách, ale pomocí deníku událostí je možno zkoumat historii stavů a spínacích pochodů. Kromě toho jsou k dispozici také trendy naměřených analogových hodnot. Toto vše lze prohledávat a třídit na obrazovce a tisknout na tiskárně. Pro měření elektrických veličin v TNS je využito měřících transformátorů proudu a napětí (MTP a MTN). Z jejich sekundárních vinutí jsou přivedeny naměřené hodnoty na vstupy řídicího systému, kde jsou převedeny do digitální formy a dále zpracovávány (od zobrazování, přes archivaci až po předání informací pro dálkové ovládání). Pro ochranu silových elektrických obvodů a zařízení jsou využity standardní ochrany připojené měřícími obvody na MTP a MTN. Tyto ochrany jsou svými výstupy zapojeny přímo do vypínacích obvodů jednotlivých vypínačů. Informace o působení ochrany jsou přiváděny na vstupy DŘS. Pomocné funkce jako např. OZ (opětné zapnutí) jsou řešeny programovým vybavením. Ústřední řízení je realizováno obdobně jako pro ostatní napájecí a spínací stanice a železniční stanice v obvodu EDČD Brno technologii RTU 200, která zajišťuje přenos dat na dispečink, kde jsou dále zpracovávána a zobrazována.

### 2.3 Hlavní zásady řešení TMR Opatov

Měnič je napájena dvěma kabelovými vedeními 22 kV z TT Svitavy. Veškeré technologické zařízení je instalováno v budově měničny, řešené jako přízemní objekt. Ve strojovně je umístěn skříňový rozváděč 22 kV, dvě kobky usměrňovačů a transformátorů, kobky pro reaktor a stejnosměrný rozváděč s vývody na TV. Minus pól je vyveden přímo z kobek usměrňovačů do samostatné kobky. Další část budovy je určena jako prostor pro skříňové rozváděče, kobku TVS a akumulátorovnu.

Za normálního provozního stavu spolupracuje měnična dvěma napáječi s měničnou v České Třebové. Druhými dvěma napáječi je koncově napájen ve směru na Brno úsek k neutrálnímu poli za žst. Svitavy. Všechny čtyři napáječe jsou vybaveny vazbou napáječů a automatikou opětného zapínání (OZ).

### **2.3.1 Rozvodna 22 kV**

Rozvodna je stejného typu jako vývodová R 22 kV v TT Svitavy. Jedná se o skříňový rozváděč firmy ABB-EJF Brno s vakuovými vypínači VD 4, sestavený z pěti skříní.

### **2.3.2 Trakční transformátory**

Trakční transformátory jsou umístěny uvnitř budovy ve dvou kobkách společně s usměrňovači. Jsou použity třífázové vzduchové speciální usměrňovačové transformátory o výkonu 5300 kVA, spojení Yyn0/d1, s třídou zatížení VI, výrobce ČKD Elektrotechnika. Každý transformátor je vybaven čtyřmi ventilátory pro chlazení. Chod ventilátorů je ovládán regulátorem PES. Další výstup z regulátoru signalizuje přehřátí transformátoru a vypíná usměrňovač.

### **2.3.3 Usměrňovače**

Kobky usměrňovačů jsou od stání transformátorů odděleny pouze částečnou mezistěnou. V každé kobce jsou umístěny dva rámy křemíkového usměrňovače osazené pastilkovými diodami (ve větvích jsou tři diody v sérii) a přepětová ochrana typu UZP 101. Jmenovité napětí 3300 V, proud 1500 A ve třídě VI, výrobce ČKD Elektrotechnika. V kobce je umístěn také odpojovač minus pólu s elektrickým pohonem. Vzduchové omezovací tlumivky 4 mH jsou v samostatných kobkách, zapojeny v plus pólu a dimenzovány na 1750 A.

### **2.3.4 Stejnoseměrný rozváděč**

Stejnoseměrný rozváděč tvoří pevná část s hlavní přípojnici plus pólu a odbočky, které jsou realizovány jako spínací členy na výsuvných vozících. Vysouvání a zasouvání je ruční, nožové kontakty nahrazují odpojovače. Celkem je v rozváděči sedm vozíků. Dva s odpojovačem plus pólu, pohon 110 V DC, jeden jako spojka-můstek, čtyři vozíky s napáječovým rychlo vypínačem typu Sécheron UR 36, jmenovité napětí 3300 V, ovládací obvody 110 V DC, pohon RV 110 V DC. Pátý typový vozík s rezervním rychlo vypínačem je navíc v poloze mimo rozváděč.

Ovládání rozváděče 3 kV DC je centralizováno do skříně MAN, která zabezpečuje tyto funkce :

- zapnutí a vypnutí rychlo vypínače (RV)
- zapnutí a vypnutí vazby napáječů
- vypnutí RV pomocí zemní ochrany
- volbu řídicího napáječe pro OZ
- přepínání místně/ústředně
- opětné zapnutí RV v závislosti na stavu smyčky (vazba napáječů) a na napětí v trolejovém vedení
- zablokování OZ po neúspěšném zapnutí
- měření proudu přes RV
- místní a dálkovou signalizaci: stavu RV, vazby napáječů, napětí v trolejovém vedení, řídicího RV, působení proudové ochrany.

Pro funkci vazby napáječů a OZ je použit programovatelný automat od firmy TECO Kolín, typ TECOMAT NS 950 RAPID.

### **2.3.5 Rychlo vypínače**

Sécheron UR 36 je stejnoseměrný jednopólový rychlo vypínač s elektromagnetickým ovládním a přirozeným chlazením. Tento rychlo vypínač je konstruován tak, aby reagoval velmi rychle po dosažení nadproudu s bezprostředním zahájením zhášení oblouku při relativně konstantním přepětí po celou dobu jeho trvání. Mezi hlavní výhody těchto rychlo vypínačů v ČR dodávaných firmou Sécheron Tchequie, s.r.o. patří:

- vysoká hodnota izolace vůči zemi

- vysoká vypínací schopnost
- dlouhá životnost
- jednoduchá údržba

#### 2.4 Měření spotřeby elektřiny a kompenzace účinníku

Dodavatelem elektrické energie jsou v současnosti běžně instalovány nové měřicí soupravy pro měření spotřeby elektřiny (elektroměry). Dosavadními elektroměry byla měřena činná energie, jalová indukční energie a čtvrt hodinové maximum (kW). Klasický jalový elektroměr v případě kapacitního účinníku "stojí na brzdě", a tedy nic nezaznamenává. Nové měřicí soupravy, tzv. "čtyřkvadrantové", jsou vedle měření čtvrt hodinového maxima schopny měřit odběr a dodávku činné energie a současně měřit jalovou induktivní i kapacitní energii. Vyhodnocení měření samostatně obsahuje hodnoty účinníku a hodnoty nevyžádané dodávky kapacitní jalové energie. To dodavateli elektřiny umožňuje současně v jednom měsíci účtovat jak přírážku za nedodržení spodní hranice induktivního účinníku 0,95, tak i platbu za nevyžádanou dodávku kapacitní jalové energie. Protože elektroměry jsou v rozvodně dodavatele elektřiny (REAS) před vývodem příslušného vedení, je nutno počítat při provozu a měření spotřeby i s kapacitním vlivem těchto vedení. To je zcela nová zkušenost. Podle současné legislativy zůstávají totiž u nových staveb elektrické přípojky v majetku (správě) toho, kdo uhradil jejich vybudování a ČD mají tedy ve správě přípojná vedení 110 kV u obou nových TT.

Vzhledem k charakteru spotřeby elektrické trakce (zejména u jednofázové soustavy 25 kV 50 Hz při použití současných typů jednofázových a dvousystémových lokomotiv) to vede k nutnosti budovat na TNS náročná regulovaná filtračně-kompenzační zařízení (FKZ).

##### 2.4.1 Účinník

Zákon č. 222/1994 Sb. (tzv. Energetický zákon) v § 15 v odstavci 4 b) přikazuje odběrateli odebírat elektřinu s hodnotou induktivního účinníku 0,95 až 1,00, pokud se dodavatel s odběratelem nedohodnou jinak. V současně platném Cenovém věstníku č. 01/1999 jsou pak uvedeny maximální ceny a určené podmínky pro odběr elektrické energie. **Maximální ceny elektřiny vycházejí z toho předpokladu, že odběr elektřiny je uskutečňován trvale při induktivním účinníku  $\cos \varphi = 0,95$  až 1,00.** Jen ve výjimečných předem stanovených případech nebo v případech povolených dodavatelem elektřiny lze beztretně uskutečnit odběr při účinníku s jinými hodnotami. Požadavek odběru při induktivním účinníku  $\cos \varphi = 0,95$  až 1,00 vychází ze zajištění technické bezpečnosti provozu elektrizační soustavy.

##### 2.4.2 Přírážky

Pokud závazná hodnota účinníku není odběratelem dodržena, zaplatí dodavateli cenovou přírážku na zvýšení ztrát v elektrizační soustavě, které svým odběrem jalové energie ze sítě způsobil, a také za případnou nevyžádanou dodávku kapacitní jalové energie, se kterou se v soustavě nepočítalo, a kterou "čtyřkvadrantové" elektroměry již umí měřit.

Přírážka k základní ceně elektřiny za nedodržení stanoveného rozmezí účinníku (0,95 - 1 induktivní) se účtuje pouze odběratelům kategorie A a B (to jsou odběratelé, kteří odebírají elektřinu z napěťových hladin vvn a vn). Odběratelé kategorie C (odběr z napěťové hladiny nn) přírážku neplatí. Uplatnění cenových přírážek se projevuje následujícím způsobem:

- **Přírážka za nedodržení spodní hranice rozmezí induktivního účinníku**

Hodnota účinníku se stanoví z měsíčních naměřených hodnot induktivní jalové energie v kvarh a činné energie v kWh. Z těchto hodnot se vypočte tangenta a následně  $\cos \varphi$  (účinník). Pokud se  $\cos \varphi$  pohybuje v závazných mezích, platí odběratel jen činnou energii. Pokud je však takto vypočítaný účinník pod spodní hranicí rozmezí, zaplatí odběratel dodavateli cenovou přírážku, která se stanoví v procentech platby za výkon (kW) a za elektrickou energii (kWh). Procento se stanovuje podle skutečně dosaženého účinníku z tabulky v seznamu maximálních cen.

- **Přírážka za nevyžádanou kapacitní jalovou energii**

**Jedná se o platbu za naměřenou dodávku kapacitní jalové energie produkované odběratelem, se kterou se v rozvodné síti dodavatele nepočítalo. Lze ji měřit zvláštním**

**elektroměrem dodavatele a rozvodný elektrický podnik je pak oprávněn k vyčíslené ceně za činnou elektrickou energii účtovat ještě přírůžku 0,44 Kč za každou naměřenou nevyžádanou kvarh.**

## 2.5 Filtračně – kompenzační zařízení (FKZ)

Střídavá jednofázová trakční proudová soustava 25 kV, 50 Hz byla původně navržena pro "méně" zatížené tratě ČSD. Výhodnost byla spatřována hlavně v menším průřezu trakčního vedení a především v jednoduchosti trakčních napájecích stanic. Ze strany dodavatele elektrické energie (tehdy také státní organizace stejně jako ČSD) byla uplatňována pouze podmínka, že trakční výkon nesmí přesáhnout 2 % zkratového výkonu v místě připojení napájecí stanice.

Elektrické lokomotivy byly vyráběny monopolním dodavatelem ŠKODA Plzeň. Jednalo se o hnací vozidla, která používají trakční měnič na principu diodového usměrňovače s napětíovou regulací odbočkami na trakčním transformátoru. Těchto hnacích vozidel bylo dodáno velké množství a jsou provozována dodnes. Novější dvouproudové lokomotivy mají již pulzní měnič, ale princip usměrnění je stejný jako u lokomotiv "klasických". Z hlediska elektromagnetické kompatibility tato vozidla dosahují účinnosti odebíraného výkonu okolo hodnoty 0,83 a časový průběh odebíraného proudu je značně deformován všemi lichými harmonickými.

Pro odstranění vlivů hnacích vozidel na síť dodavatele elektřiny jsou dnes po dlouhém vývoji vybavovány trakční transformovny plynule regulovatelnými filtračně - kompenzačními zařízeními. Při daném spektru proudu odebíraného hnacími vozidly nelze kompenzovat jejich nevyhovující účinnosti použitím neblokovaného kondenzátoru. Několika provozními pokusy bylo zjištěno, že takový neblokovaný kondenzátor v TNS je proudově přetěžován vlivem nesinusového časového průběhu napětí na TV. Jeho impedance pro harmonické je totiž nepřímou úměrnou frekvenci příslušné harmonické. To v začátcích vedlo k destrukci kondenzátorů i vlivem proudových špiček vznikajících v období komutace proudu vozidlového trakčního usměrňovače. Z toho důvodu ČSD přikročily ke koncepci, kdy kondenzátor je doplněn sériově zapojenou tlumivkou a vytvoří se tak LC větev. Vhodným naladěním lze tuto LC větev použít současně i pro filtraci některé z harmonických.

Vlastní FKZ se obvykle skládá ze dvou paralelně připojených LC větví naladěných těsně pod 150 Hz a na 250 Hz. Z hlediska návrhu ladění a dimenzování LC větví je podstatné, jaký díl proudových harmonických produkovaných hnacími vozidly se uzavře přes LC větev FKZ a jaký díl postoupí dále do sítě dodavatele a způsobí tam na její impedanci vznik napětíových harmonických. Problém pro dimenzování prvků FKZ může nastat při "ostrém" ladění, kde LC větev mohou být zatěžovány také odpovídající harmonickou přicházející ze sítě dodavatele. Mnohými měřeními bylo dokázáno, že síť dodavatele obsahuje značný podíl harmonických (včetně 3. harmonické) a jednofázová trakce ČD není jediným původcem těchto harmonických.

Zmíněné dvě větve musí být ještě doplněny další paralelní větví zabraňující překompenzaci TNS v době malého trakčního odběru, aby nedocházelo k nežádoucí dodávce nevyžádané kapacitní práce do sítě dodavatele elektřiny. Tato větev obsahuje snižovací transformátor, dekompenzační tlumivku a statický regulátor. Větev musí být schopna dekompenzovat nejen kapacitu FKZ, ale v potřebném rozsahu i kapacitu přírodního vedení ve správě ČD a kapacitu připojeného trakčního vedení. Celé FKZ je připojeno přes vypínač na přípojnice 27 kV trakční transformovny. Větev pro 5. harmonickou a větev dekompenzační jsou vybaveny odpojovači. Větev pro 3. harmonickou je bez odpojovače, protože nesmí být odpojována, pokud má být v provozu větev 5. harmonické.

V poslední době předkládají dodavatelé elektrické energie kvantifikovaný požadavek na zajištění jisté hodnoty impedance celé TT pro kmitočety HDO - hromadného dálkového ovládní (216,7 Hz), aby byl omezen útlum signálu HDO. Z tohoto důvodu je nutno navrhovat kapacity kondenzátorových skupin obou LC větví tak, aby frekvence paralelní rezonance obou sériových rezonančních větví LC padla do blízkosti pracovního kmitočtu HDO. Po zveřejnění požadovaných hodnot impedance je pak možno na nově budovaných TNS tomuto požadavku dodavatele elektrické energie optimálně vyhovět.

České dráhy řeší filtraci a kompenzaci na trakčních transformovných problémy svých současných elektrických hnacích vozidel. V západních zemích se FKZ v napájecích bodech jednofázové trakce běžně nebudují. Kvalita odběru elektřiny je tam základní podmínkou pro moderní lokomotivy a FKZ nejsou potřebná.





Filtračně kompenzační zařízení v TT Svitavy

### **3. Trakční vedení**

V celém úseku tratě Brno - Česká Třebová byly použity inovované řetězovkové sestavy trakčního vedení "J" a "S" se všemi současnými moderními prvky. Trakční vedení obou sestav úspěšně rozvíjí, dodává a montuje Elektrizace železnic Praha a.s. Ukolejnění je řešeno s uplatněním ukolejňovacích lan (na zhlavích železničních stanic) a opakovatelných průrazek. Některé zcela nové prvky a technologie jsou uvedeny v následujících odstavcích.

#### **3.1 Základy trakčních podpěr**

V úseku Rájec - Jestřebí byla poprvé u ČD použita technologie montáže základů trakčních stožárů pilotováním. Na jehlanových piloty se svorníky byly pak namontovány trakční podpěry s přírubou. Souprava umožňovala pilotáž pouze na tratích bez trolejového vedení. Zařízení pro pilotáž pod trolejovým vedením nebylo možno ověřit vzhledem k nutnosti provedení náročných zkoušek pro souhlas s jízdou po tratích ČD. Jako základní však nadále zůstaly hloubené základy, avšak s kvalitnější betonovou směsí B 20.

#### **3.2 Izolátory**

Na celém úseku byly v maximální míře montovány plastové tahové izolátory, a to v závěsech trolejového vedení, ve směrových lanech a v kotvení. Jedná se o izolátory Reliable americké firmy Mc. Lean typu Fibrelink, u nichž jako nosná část slouží kevlarová vlákna a izolační vlastnosti jsou dány silikonovou kompozitní hmotou, kterou je vytvořen povrch a stříšky izolátoru. Tyto izolátory jsou ve světě v provozu již více než 30 let v náročných přímořských podmínkách se sláným spadem. U ČD jsou používány od roku 1994. Izolátory jsou lehké konstrukce (hmotnost asi 0,5 kg) a vzhledem k chemickým vlastnostem (hydrofóbnost) mají vynikající elektrické vlastnosti ve vlhku i ve znečištěném prostředí.

#### **3.3 Izolovaná lana**

V konstrukci TV pod nadjezdy a v tunelech byla použita technologie (izolovaný program) francouzské firmy Spie Batignolles. Jde o nosné lano pokryté izolační vrstvou s izolovanými věšáky a speciálními izolovanými věšákovými svorkami pro tato lana. Vzhledem k tomu bylo možné zkrátit vzdálenosti nosného lana TV od umělých staveb na minimum. Současně se tak omezil vznik poruch v důsledku zkratů způsobených těly ptáků nebo ledovými rampouchy v zimním období.

#### **3.4 Úsekové děliče**

Na trati byly použity francouzské úsekové děliče firmy Gismar. Jsou určeny pro rychlost do 160 km/h, umožňují snadnou a přesnou montáž a vykazují velmi dobré provozní a izolační vlastnosti. V provozu trakčního vedení ČD jsou ověřovány od roku 1996.

## **4. Silnoproud**

Silnoproudé rozvody byly převážně součástí výše zmíněných staveb modernizace.

### **4.1 Osvětlení železničních zastávek**

Pro osvětlení jednotlivých železničních zastávek jsou použity sklápěcí perónní stožárky typu RADEK, osazené osvětlovacími svítidly PILOTE T1. S těmito stožárky i svítidly mají ČD dobré zkušenosti na všech dosud budovaných zastávkách na koridorech i mimo. Důležitou vlastností stožárků je, že je lze sklopit do vodorovné polohy asi ve výšce 1 metr, čímž dochází ke snadné údržbě nebo výměně vyhořelého světelného zdroje bez použití žebříků, zvedacích plošin či jiné techniky. U svítidel je důležitá jejich dobrá mechanická odolnost proti zásahům vandalů – to snižuje náklady na udržení svítidel v provozu.

K ovládání osvětlení na neobsazených zastávkách je použito zařízení dálkového ovládání DOOZ 3, které je vybaveno zpětnou signalizací zapnutého stavu. Obsluha ve vzdálené stanici je tak informována o tom, zda došlo k rozsvícení osvětlení, či nikoliv.

### **4.2 Osvětlení železničních stanic**

Osvětlení železničních stanic bylo navrženo jako kombinované s použitím osvětlovacích věží a dosvětlením nevykrytých ploch pomocí stožárů JŽ 14. Pro kabelové rozvody a pro osvětlovací věže jsou použity výhradně plastové rozváděče. Nejen, že to znamená kvalitní "protikorozní" ochranu, ale je tím řešena i vlastní ochrana proti nebezpečnému dotyku neživých částí.

### **4.3 Elektrický ohřev výhybek**

V nově elektrizovaném úseku byl na klasických principech použit nový druh elektrického ohřevu výhybek s upraveným příkonem, napájený z trakčního vedení.

## **5. Napájení zabezpečovacích zařízení**

Napájení zabezpečovacích zařízení bylo vybudováno v úvodu zmíněných stavbách modernizace a je na trati Brno - Česká Třebová řešeno kabelovým rozvodem 6 kV 50 Hz, poprvé u ČD i v úseku jednofázové trakce. Bylo to umožněno rozvojem zabezpečovací techniky (ZT) se snížením výkonových požadavků. Změna napájecí frekvence pro potřeby ZT tak, aby bezpečnost nebyla ovlivňována působením frekvence jednofázové trakce, je nyní řešena statickými měniči frekvence, které jsou součástí ZT.

Snížení odběrových požadavků ZT a dalších spotřebičů nebylo v počátku řešení rozvodu 6 kV doceněno a málo zatížený kabelový rozvod vn nebyl na základě dosavadních zkušeností s podobnými rozvody kompenzován. Kompenzační tlumivky bylo však nutné při uvádění do provozu doplnit na základě výsledků měření provedených TÚDC. Tím se předešlo některým rezonančním jevům, a eliminovala se nevyžádaná dodávka kapacitní jalové energie do sítě dodavatele. Ta by znamenala zbytečné přirážky v platbách za elektřinu s případnými sankcemi státní energetické inspekce.

## **6. Elektrodispečinky a ústřední řízení**

Úsek jednofázové trakce Brno - Svitavy je ústředně řízen z elektrodispečinky ČD v Brně s přenosovou technologií na bázi zařízení RTU 200 ABB a s automatizovaným dispečerským řídicím systémem RTIS firmy Supervisory Systems Brno. Poprvé u ČD bylo na EDČD v Brně nahrazeno dispečerské schéma sítě (DSS) vedle obrazovek počítačů také velkoplošnými elektronickými zobrazovači.

Úsek stejnosměrné trakce Svitavy - Česká Třebová je ústředně řízen z EDČD v České Třebové řídicím systémem RTIS, téhož dodavatele jako v Brně, s přenosovou technologií TECO Kolín a bez DSS. Zobrazení je řešeno na obrazovkách řídicích počítačů.

Zmíněné řídicí systémy a řídicí technika byly již předmětem odborných příspěvků ve Vědeckotechnickém sborníku ČD č. 4/1997 a v časopise Železniční technika č. 3/1997.

## **7. Zpětná cesta trakčního proudu, korozní vlivy**

### **7.1 Kolejnicové propojky a lanová propojení**

Na této nově elektrizované trati jsou kolejnicové propojky a lanová propojení realizována nikoli měděnými, ale ocelovými lany. Tato "nová technika" není vyvolána technickým pokrokem, ale výkupní cenou mědi, která je ve srovnání s železem mnohonásobně vyšší a lukrativní pro "nenechavce". Použití ocelových lan bylo tedy u ČD vyvoláno především snahou o eliminaci krádeží kolejových propojek a lanových propojení, a tím o zajištění bezpečnosti dopravy.

Tento "netechnický pokrok" přináší problémy nejen při montáži pro velký počet lan a jejich průřez, ale zejména zhoršuje provozní poměry elektrické trakce na stejnosměrném úseku trati. Ocelové propojky a ocelová lanová propojení významně zhoršují poměry ve zpětné cestě trakčního proudu. Zejména dlouhá železná lanová propojení se pro zajištění potřebné úrovně vodivosti jeví jako vysloveně nevhodná. Jedná se především o obtížnost zajištění stejné vodivosti u nutného vysokého počtu paralelních železných lan používaných jako vodiče, o zvýšené hodnoty přechodových odporů a o stopy koroze u spojů železného lano - oko a uvolněné šroubové spoje již po krátkém čase provozu. To vše má za následek nerovnoměrné rozdělení proudů v kolejišti a zvýšené úbytky napětí ve zpětné cestě. Následně dochází k nežádoucímu opalování kolejnic u izolovaných styků a vytváří se podmínky pro vznik obchozích cest s následky koroze bludnými proudy.

Tato nepříznivá zkušenost vede k závěrům, že v případě nutnosti používat železné vodiče je nutné v maximální míře dbát na důslednost projekčního řešení zpětné cesty trakčního proudu. Nelze se obejít bez precizního konstrukčního provedení takových vodičů, a některá místa se bez vodičů z mědi nebo barevných kovů prostě nedají přijatelně vyřešit, a to i za cenu jejich náročnějšího zabezpečení proti zcizování.

### **7.2 Korozní průzkum před elektrizací a po elektrizaci**

Problematika koroze bludnými proudy vždy patřila mezi priority elektrizací. Při provedení kvalitního předběžného a dodatečného korozního průzkumu přináší správné řešení této problematiky možnosti finančních úspor v dodatečné realizaci protikorozních opatření. Vzhledem ke zkušenostem z předchozích elektrizací stejnosměrnou soustavou v traťových úsecích Olomouc - Nezamyslice a Hradec Králové - Jaroměř byla zvolena taková metodika korozních průzkumů, která v maximální možné míře vytvoří podmínky pro eliminaci finančních požadavků a dodatečného nepodloženého budování protikorozní ochrany ve prospěch majitelů a správců úložných zařízení, která nejsou majetkem ve správě Českých drah. Je proto důležité vyvarovat se předčasných rozhodnutí o preventivní výstavbě drenáží a stanic katodické ochrany pro ochranu výše zmíněných úložných zařízení, aniž by byly reálně posouzeny technickoprávní podklady, umožňující takovéto postupy. Naměřené výsledky dokazují, že tento záměr byl správný, a že zjištěné parametry budou kvalitním podkladem pro technickoprávní jednání s majiteli úložných zařízení. Bylo tak prokázáno, že postup předběžného a dodatečného korozního průzkumu, který akceptuje metodiku používanou ve státech Evropské unie, lze považovat za jediný správný postup i v podmínkách České republiky a Českých drah.

## **8. Závěr**

V závěru lze vyjádřit přání, aby nejen nově použitá technická zařízení, ale celá modernizovaná trať dobře sloužila svému účelu, aby bylo umožněno techniku elektrizace tratí nadále racionálně rozvíjet, a aby ve společném posuzování investiční náročnosti projektanty, techniky, ekonomy a investory docházelo k větší shodě nad potřebou objektivního hodnocení nákladů připravovaných investic pro celou dobu předpokládané životnosti staveb. Stavba elektrizace Brno - Česká Třebová v řadě případů již tento efektivní přístup umožnila, v některých případech však ještě bylo pro umožnění realizace nutné snížit investiční náklady na úkor zvýšení budoucích nákladů provozních.

## **Literatura**

Pro zpracování příspěvku sloužila jako podklad firemní dokumentace jednotlivých zařízení, vybrané části dokumentace stavby elektrizace, výsledky měření TÚDC a praktické zkušenosti. Celkový výčet podkladů by výrazně rozšířil rozsah příspěvku. Odkazy na literaturu jsou ojedinele přímo v textu.

Za shromáždění podkladů a spolupráci autor děkuje kolektivu pracovníkům odboru automatizace a elektrotechniky ČD DDC a sekce 24 TÚDC.

V Praze, červenec 1999

Lektoroval: Ing. Karel Hlava, CSc.

ČD DDC TÚDC S24