

Jindřich Kašpar¹, Jaroslav Kupr², Petr Chlum³

Modernizace trakční napájecí stanice Zkušebního centra Velim Výzkumného Ústavu Železničního, a.s.

Klíčová slova: *zkušební centrum, napájecí stanice, modernizace.*

1. Úvod

Výzkumný Ústav Železniční, a.s. (dále VUZ), který je dceřinou společností Českých drah, a.s., je významnou institucí zabývající se zejména zkušebnictvím drážních vozidel. K tomuto účelu provozuje Zkušební Centrum Velim (dále ZCV) nacházející se cca 50 km východně od Prahy. ZCV disponuje dvěma železničními zkušebními okruhy (velkým a malým), pomocným kolejištěm a technologickým zázemím pro zkoušky. Svými technickými parametry, zejména velkého zkušebního okruhu (délka 13,2 km, max. rychlost 210 km/h a 230 km/h pro vozidla s naklápěcími skříněmi), se řadí k velmi významným železničním zkušebním centrům v Evropě. Tomu odpovídá i jeho klientela, která představuje všechny významné evropské výrobce kolejových vozidel. Historie ZCV sahá až do roku 1962, kdy byl postaven velký zkušební okruh.

2. Vývoj napájecí stanice ZC VUZ Velim

Ten byl v roce 1965 elektrizován střídavou napájecí soustavou 25 kV 50 Hz. Od té doby se píše historie napájecí stanice (dále NS), která byla v roce 1971 doplněna o stejnosměrné napájecí systémy a v roce 1997 vybavena střídavým napájecím systémem 15 kV 16,7 Hz. ZCV tedy disponuje všemi základními v Evropě používanými napájecími systémy, které je navíc možno nezávisle používat na jednotlivých zkušebních tratích, což významně zvyšuje konkurenceschopnost společnosti.

Vzhledem k vývoji technických parametrů elektrických hnacích vozidel docházelo v posledních několika letech k situacím, kdy parametry původní NS limitovaly možnosti provádění zkoušek. Nejsložitější byla situace u stejnosměrných napájecích

¹ Ing. Jindřich Kašpar, (nar. 1979) vystudoval Univerzitu Pardubice Dopravní fakultu Jana Pernera obor Dopravní infrastruktura zaměření Elektrická zařízení v dopravě. V současné době pracuje jako projektant u firmy Elektrizace železnic Praha a.s. Zaměřuje se na návrh a projekci trakčních napájecích stanic.

² Jaroslav Kupr, (nar. 1955) vystudoval Střední průmyslovou školu strojnickou. V současné době pracuje jako obchodní ředitel firmy ELPRING Praha a.s.

³ Ing. Petr Chlum, (nar. 1975) vystudoval ČVUT Fakultu elektrotechnickou, obor Elektrické stroje, přístroje a pohony. V současné době pracuje jako specialista pro zkoušky ve Zkušební laboratoři Výzkumného Ústavu Železničního a.s. se zaměřením na elektrotechnické a trakční zkoušky kolejových vozidel a napájecích stanic.

systémů 1,5 kV a 3 kV DC. Ty byly v době svého vzniku velmi elegantně vyřešené - pomocí lokomotivních transformátorů bylo možno regulovat napětí plynule od 0 do 3,9 kV, ale postupem doby již svým výkonem 4,5 MW nebyly schopny pokrýt potřeby současných vozidel. Jelikož použitá konfigurace již další zvýšení výkonu neumožňovala a vzhledem k již odslouženým létům rozhodlo vedení VUZ o zadání a realizaci projektu celkové modernizace NS se zaměřením na část zabezpečující stejnosměrné napájecí systémy.



Obr. 1 Letecký snímek ZC Velim s vyznačením kolejíště

3. Modernizace napájecí stanice

3.1 Požadavky na modernizaci

Hlavním cílem modernizace bylo zvýšení výkonu stejnosměrného systému 3 kV na 10 MW a ostatních (1,5 kV a 750 V) na 5 MW při zachování možnosti regulace napětí v širokém rozsahu, modernizace a centralizace ovládání technologie všech napájecích systémů a výměna základních technologických celků rozveden 110 kV, 25 kV a 22 kV. Důležitým požadavkem byla současně minimalizace dopadů modernizace na zkušební provoz. ZCV je velmi využíváno zákazníky a vozidla elektrické trakce z toho představují více než 90 %. Z těchto důvodů dlouhodobé napěťové výluky nepřicházely v úvahu.



Obr. 2 Stavba nové měřiny

Projekt byl proto zpracován jako novostavba stejnosměrné měřiny, jejíž součástí je velín i pro ostatní napájecí systémy, která je situována na volném prostranství před původní stejnosměrnou měřinou, která zůstala do poslední chvíle v provozu.

Vzhledem k požadovaným výkonovým parametrům a hloubce regulace jsou nově rozděleny stejnosměrné napěťové systémy do dvou, a to 3 kV a 1,5 kV současně se 750 V, přičemž jejich regulační pásma se překrývají.

Aby toto bylo možno realizovat, bylo nutno zadat realizaci atypického trojfázového olejového říditelného transformátoru 12,5 MVA, 23/23 kV s regulací +5, -10 odboček po 5 %, pro nějž bylo nutno vybudovat kryté venkovní stání. Dále byl nahrazen regulační transformátor pro systém 25 kV 50 Hz rovněž atypickým jednofázovým olejovým říditelným transformátorem 12,5 MVA, 110/27 kV s regulací +3, -13 odboček po 3 %, jelikož původní neměl požadovanou hloubku regulace a pro snížené napětí byly využívány transformátory stejnosměrné měřiny, což omezovalo výstupní výkon. Oba atypické transformátory vyrobila firma ETD Plzeň.



Obr. 3 Přeprava nového regulačního transformátoru

Dále byly modernizovány přepojovací portály a ovládání veškeré technologie NS bylo centralizováno a přemístěno do nového velínu.

Modernizováno bylo také napájení elektrických předtápěcích stojanů pro napájení vozů vysokým napětím situovaných v pomocném kolejišti, které byly původně napájeny přímo z trakčního vedení pomocného kolejiště. Nově jsou napájeny přímo z NS nezávisle na napětí v trakčním vedení na pomocném kolejišti. To si vynutilo mimo jiné i instalaci nového transformátoru 25 kV 50 Hz / 3 kV, 1,5 kV a 1 kV 50 Hz.

Ve stávající rozvodně 22 kV byl instalován nový dobíječ staniční baterie pro záložní napájení 110 V a realizována hrazená kompenzace nízkého napětí.

Součástí modernizace je také stavba dvou osvětlovacích věží, sanace ekologické zátěže původní NS, terénní úpravy okolo nového objektu a demolice původní stejnosměrné měřiny.

3.2 Zdroj a rozvod napájecího systému 3 kV DC a napájecích systémů 1,5 kV resp. 750 V DC

Veškerá technologie, která je určena pro přeměnu střídavého proudu na stejnosměrný a kterou tvoří tři usměrňovačové skupiny s návaznou rozvodnou

stejnosemného proudu, je umístěna v prvním nadzemním podlaží nové stejnosměrné měnirny.

Pro napájení trakční proudovou soustavou 3 kV jsou určeny dvě usměřovačové skupiny se značnou přetížitelností - každá o výstupním jmenovitém napětí 3300 V a proudu 1500 A, což odpovídá přibližně výkonu 5 MW. Usměřovačovou skupinou se rozumí sestava trakčního transformátoru, trakční omezovací tlumivky a trakčního usměřovače EZB-U. Instalované zařízení vychází ze standardního zařízení instalovaného na české železnici, jsou však respektovány specifické požadavky zkušebnictví, zejména na hlubokou regulaci výstupního napětí, kterou realizuje regulační transformátor.



Obr. 4 Technologie nové měnirny

Unikátním způsobem je řešena usměřovačová skupina pro trakční proudové soustavy 1,5 kV a 750 V. Je použit jeden transformátor se dvěma šestipulsními můstky a trakčními omezovacími tlumivkami. Můstky lze pomocí odpojovačů řadit sériově pro napájení soustavou 1,5 kV se jmenovitým proudem 3000 A nebo paralelně pro napájení soustavou 750 V se jmenovitým proudem 6000 A. Výkon této usměřovačové skupiny je opět 5 MW, celkový instalovaný výkon všech usměřovačových skupin je tedy přibližně

15 MW.

Pro soustavu 3 kV jsou realizovány tři vývody s rychlovyvínači stejnosměrného proudu se jmenovitým proudem 3600 A pro jistění jednotlivých úseků trakčního vedení; pro každý úsek je samostatný rychlovyvínač.

Pro soustavu 1,5 kV / 750 V, která je méně využívána, jsou vývody s rychlovyvínači jen dva, kde jeden se jmenovitým proudem 3600 A lze připnout k jakémukoli úseku trakčního vedení a druhý se jmenovitým proudem 4600 A je určen pro napájení úseku s třetí kolejnici (systém známý zejména z metra), která je instalována v případě potřeby.

Vývodová pole 3 kV i 1,5 kV / 750 V s rychlovyvínači vycházejí ze standardních provedení rozváděče EZB-N s osvědčeným systémem chránění a řízení s komunikací po průmyslovém Ethernetu. Ochrany vývodu jsou řešeny jako plně elektronická procesorová zařízení s rozsáhlými možnostmi nastavení, čehož lze s výhodou použít například při změně napětí vývodů.

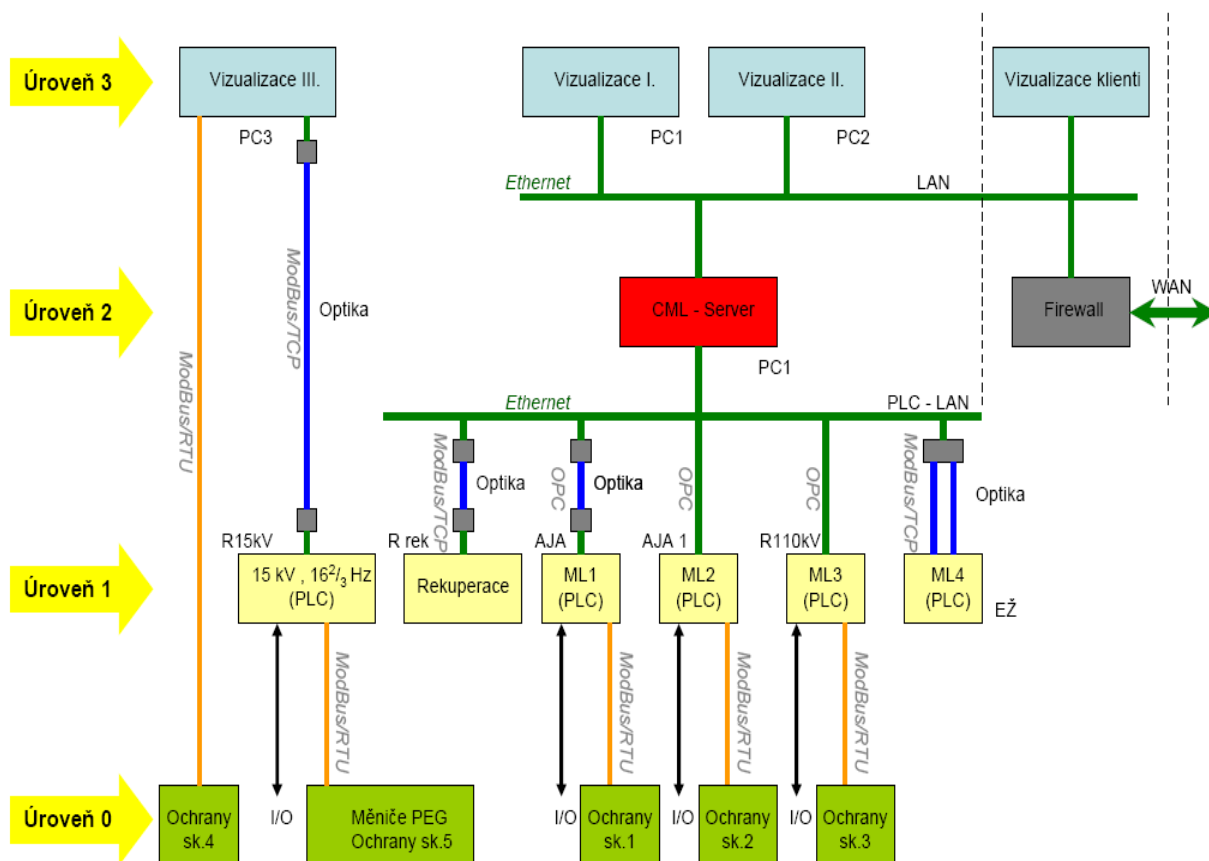
Přepínání mezi jednotlivými proudovými soustavami do určených vývodů zajišťuje speciálně vyvinutý přepojovací rozváděč. Z tohoto rozváděče může být napájeno zařízení k absorpci rekuperované energie, a to přímým vývodem, tj. bez předřazeného rychlovyvínače stejnosměrného proudu. Z rozváděče jsou vedeny kabelové vývody na venkovní přepojovací portál, který slouží pro přepojování úseků trakčního vedení mezi soustavami DC, AC 50 Hz a AC 16,7 Hz.

3.3 Řídicí a vizualizační systém NS

Při rozsáhlé modernizaci NS došlo k implementaci nového řídicího a vizualizačního systému, který je integrujícím prvkem všech nových i stávajících technologických uzlů. Veškeré ovládání technologie NS je nově prováděno z prostor pro řízení a monitorování prováděných zkoušek, tzv. velínu situovaného spolu s jeho technologickým a hygienickým zázemím a dále také rozvodnami ve druhém nadzemním podlaží nové stejnosměrné měnirny.

Hlavními úkoly nového řídicího a vizualizačního systému jsou ovládání technologie NS, sběr dat z celého systému trakčního napájení, jejich vizualizace a archivace. Archivací rozumíme ukládání historických záznamů vybraných veličin a stavů. Archivovaná data mohou sloužit k servisu zařízení a také mohou být důležitým podkladem dávajícím informaci o provozních hodnotách trakční měnirny, jako jsou například odebrané, resp. dodané výkony atd.

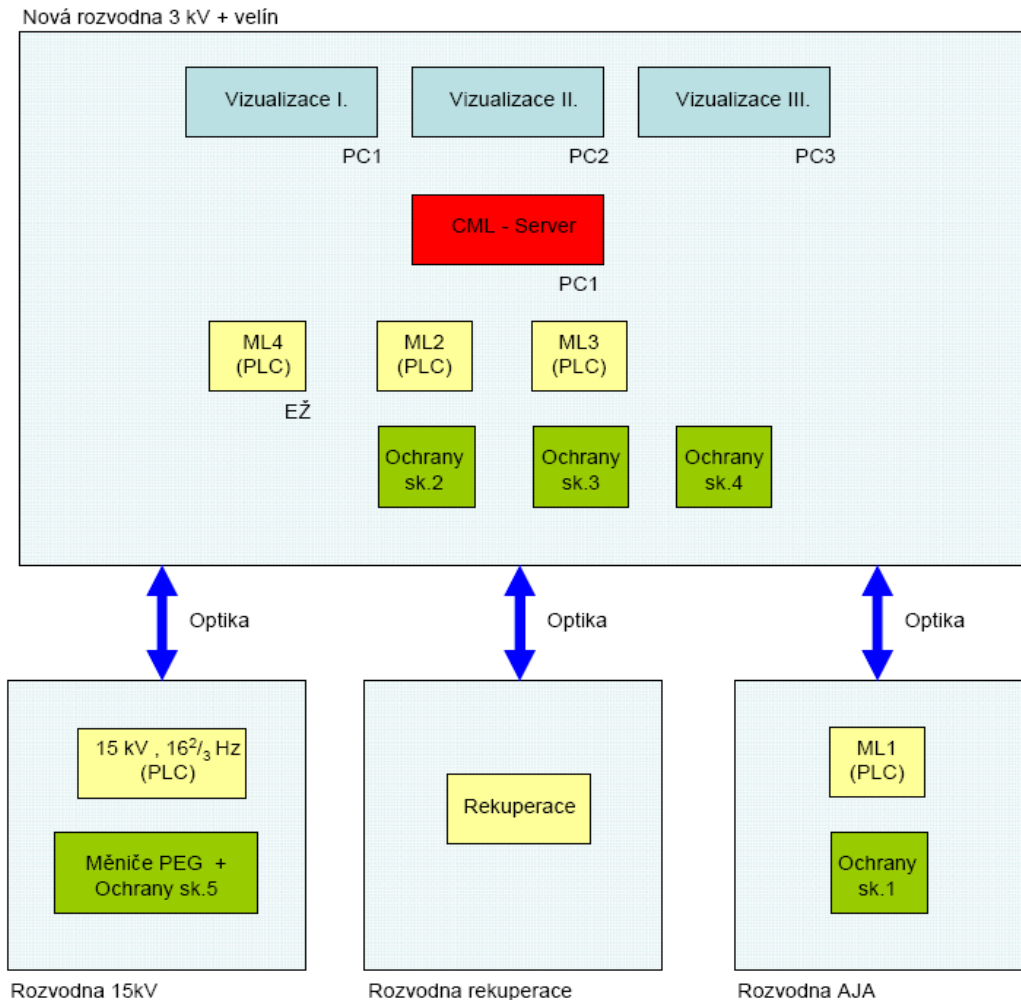
Blokové schéma navržené řídicí struktury nové měnirny je znázorněno na Obr. 5. Řídicí struktura je hierarchicky rozčleněna celkem na čtyři úrovně označené čísly 0 až 3, přičemž nejvyšší úroveň je úroveň 3 a nejnižší je úroveň 0. Jednotlivé úrovně



Obr. 5 Blokové schéma řídicího a vizualizačního systému

spolu komunikují pomocí různých typů sběrnic s využitím různých protokolů. Využití více druhů protokolů je dáno technickými možnostmi použitých komponentů, kdy některé uzly systému podporují pouze jeden protokol.

Na Obr. 6 je schématicky znázorněna prostorová dislokace jednotlivých částí řídicího systému. Většina zařízení je instalována v budově nové měnirny 3 kV a ve velínu. Ve stávající rozvodně 15 kV zůstal modulární řídicí PLC komunikující s tyristorovými měniči PEG a s příslušnými ochranami. V rozvodně rekuperace zůstal řídicí systém spínání rekuperačních rezistorů doplněný o dotykovou obrazovku. Rozvodna 22 kV AJA je doplněna modulárním PLC, který obsluhuje daný uzel, komunikuje



Obr. 6 Schéma rozmístění jednotlivých částí řídicího a vizualizačního systému s instalovanými ochranami a předává data serveru CML.

Vstupně/výstupní signály řídicího systému jsou realizovány takto:

- Analogové vstupy

Pro snímání analogových vstupů jsou použity moduly XIOC-8AI-I2. Analogové vstupy jsou měřené hodnoty napětí a proudu, všechny informace jsou do ML přivedeny ve formě proudových signálů.

- Teplotní vstupy

Pro snímání teplotních vstupů jsou použity moduly XIOC-4T-PT. Do ML jsou vedeny přímo signály z čidel Pt100.

- Digitální vstupy

Informace o stavu jednotlivých prvků technologie jsou vedeny na účastnickou svorkovnici ve formě kontaktních hlášení, napájeny napětím 110 V (220 V) DC.

V rozváděči ML jsou signály odděleny oddělovacími relé 110 V / 24 V nebo 220 V / 24 V na hodnotu 24 V DC a zavedeny do vstupních modulů PLC, typ XIOC-16DI.

- Ovládání výstupů

Řídicí automat ovládá prvky technologie prostřednictvím kontaktních povelů. Výstupní moduly PLC jsou tranzistorové, typ XIOC-16DO. Povelé jsou vyvedeny z PLC na hladině 24 V DC a přes kontakty převodních relé 24 V / 110 V DC jsou vyvedeny na účastnické svorkovnice.



Obr. 7 Nový velín

Pro záložní napájení řídicího a vizualizačního systému je použita jednofázová online UPS Powerware o výkonu 1000 VA umístěna přímo v rozváděči.

3.4 Technické parametry NS

Napájecí systém	Před modernizací	Po modernizaci
3 kV DC		
rozsah regulace napětí	0 - 3,9 kV	1,7 - 4,0 kV
výstupní výkon	4,5 MW při 3 kV	10 MW
trvalý proud	1,5 kA	limitován trakčním vedením
Max. přetížení	150 % po dobu 2 hodin - 2,1 kA	150 % po dobu 2 hodin
možnost rekuperace vozidlem	od roku 2008 ANO do odporníků NS	od roku 2008 ANO do odporníků NS
1,5 kV a 750 V DC		
rozsah regulace napětí	součást systému 3 kV DC	0,4 - 1,8 kV
výstupní výkon		5MW
trvalý proud		limitován trakčním vedením
Max. přetížení		150 % po dobu 2 hodin
možnost rekuperace vozidlem		od roku 2008 ANO do odporníků NS
25 kV, 50 Hz		
rozsah regulace napětí	25 - 31 kV 16 - 25 kV	17 - 30 kV
výstupní výkon	10 MW 4,0 MW	10 MW
možnost rekuperace vozidlem	ANO do sítě	ANO do sítě
15 kV, 16,7 Hz		
rozsah regulace napětí	2,0 - 17,5 kV	2,0 - 17,5 kV
výstupní výkon	9 MW	9 MW
možnost rekuperace vozidlem	ANO do sítě	ANO do sítě

3.5 Základní údaje o projektu a stavbě

Název stavby	: Modernizace trakční napájecí stanice Zkušebního centra Velim
Investor	: Výzkumný Ústav Železniční, a.s.
Zástupce investora:	Ing. Josef Dufka
financování stavby	: 60 % Výzkumný Ústav Železniční, a.s., 40 % operační program MPO- Potenciál
Generální projektant	: ELPRING PRAHA a.s.
organizační řízení projektu	: Jaroslav Kupr
architektonicko stavební řešení	: Ing. Dagmar Pilařová, Ing. Hana Šedivá, Ing. Jiří Slánský
Statika	: TOBRYŠ s.r.o.
technologie trakční napájecí stanice	: Elektrizace železnic Praha a.s.
technologie řídicího a vizualizačního systému stanice	: PEG spol. s r.o.
domovní technologie	: ENVIROTECH, s.r.o., AKUKLIMA Praha, s r.o., ZTIIS, spol. s r.o., ELPRING PRAHA a.s.,
Generální dodavatel	: Chládek a Tintěra, Pardubice a.s.
hlavní stavbyvedoucí	: Ing. Tomáš Feygel
dodavatel technologií trakční napájecí stanice	: Elektrizace železnic Praha a.s.
dodavatel technologie řídicího a vizualizačního systému	: PEG spol. s r.o.
klíčové subdodávky stavby	: Elektromont servis Brno, spol. s r.o.
Doba výstavby	: 02/2009 – 11/2009
projektová příprava	: 04/2008 – 04/2009
Uvedení do provozu	: 19.10.2009

4. Závěr

Realizace celé akce modernizace NS probíhala v období od února do listopadu 2009, přičemž projektová příprava byla prováděna již od dubna 2008. Investorem byl Výzkumný Ústav Železniční, a.s., přičemž 40 % uznatelných nákladů bylo financováno z operačního programu MPO – Potenciál s podílem fondů EU. Harmonogram modernizace byl díky úsilí všech zainteresovaných stran dodržen a tak dne 19. října 2009 byla zmodernizovaná NS předána do zkušebního provozu. Modernizací získal VUZ ve svém ZCV moderní napájecí stanici plně vyhovující požadavkům na zkoušky současných i budoucích elektrických drážních vozidel podle evropských norem i směrnic TSI.



Obr. 8 Nová měnírna po dokončení

Literatura:

1. Projekt modernizace trakční napájecí stanice, Elpring Praha a.s., 06/2008.
2. ČSN EN 50163 Drážní zařízení – Napájecí napětí trakčních soustav, 07/2005.
3. TSI HS Energy, 03/2008.
4. Návrh TSI CR Energy, 11/2009.

V Praze, listopad 2009

Lektoroval: doc. Ing. Karel Hlava, Csc.