

Petr Chlum<sup>1</sup>

## **Výkonové parametry modernizované trakční napájecí stanice a trakčního vedení velkého zkušební okruhu Zkušební centra Velim Výzkumného Ústavu Železničního, a.s.**

**Klíčová slova:** *zkušební centrum, napájecí stanice, trakční vedení, modernizace, výkon*

### **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 zkušební okruhu (délka 13,2 km, max. rychlost 210 km/h a 230 km/h pro vozidla s naklápěcími skříněmi), se řadí k 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 Velim**

Velký zkušební okruh byl v roce 1965 elektrizován jednofázovou napájecí soustavou AC 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 jednofázovým napájecím systémem AC 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 systémů 1,5 kV a 3 kV DC. Ty byly v době svého vzniku velmi elegantně vyřešené -

---

<sup>1</sup> 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.

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 opotřebením přistoupil VUZ v roce 2009 k zásadní modernizaci NS se zaměřením na část zabezpečující stejnosměrné napájecí systémy.

### 3. Modernizace napájecí stanice



*Obr. 1 Letecký snímek ZC Velim s vyznačením kolejiště*

Hlavním cílem modernizace bylo zvýšení výkonu stejnosměrného systému DC 3 kV na 10 MW a ostatních systémů (DC 1,5 kV a DC 750 V) na 5 MW při zachování možnosti regulace napětí v širokém rozsahu, modernizace a centralizace ovládání technologie všech napájecích systémů a výměny 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 měírny

Modernizace byla zahájena jako novostavba stejnosměrné měírny, jejíž součástí je velín i pro ostatní napájecí systémy a která je situována na volném prostranství před původní stejnosměrnou měírnu, která zůstala do poslední chvíle v provozu.

Vzhledem k požadovaným výkonovým parametrům a k hloubce regulace jsou nově rozděleny stejnosměrné napěťové systémy do dvou skupin a to samostatně 3 kV a 1,5 kV s možností přepnutí na 750 V, přičemž jejich regulační pásma

se překrývají.

Aby toto bylo možno realizovat, bylo nutno zadat realizaci atypického trojfázového olejového říditelného transformátoru T5 12,5 MVA, 23/23 kV s regulací +5, -10 odboček po 5 %, pro který bylo nutno vybudovat kryté venkovní stání. Dále byl nahrazen regulační transformátor pro systém 25 kV 50 Hz rovněž atypickým jednofázovým olejovým říditelným transformátorem T2 12,5 MVA, 110/27 kV s regulací +3, -13 odboček po 3 %, jelikož původní transformátor neměl požadovanou hloubku regulace a pro snížené napětí byly využívány transformátory stejnosměrné měírny, 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 stavby byla také stavba dvou osvětlovacích věží, sanace ekologické zátěže původní NS, terénní úpravy okolo nového objektu a demolice původní stejnosměrné měírny.

#### **4. Modernizace trakčního vedení velkého zkušebního okruhu**

V návaznosti na modernizaci napájecí stanice přistoupil VUZ v roce 2010 k celkové rekonstrukci trakčního vedení velkého zkušebního okruhu (dále VZO). Původní



trakční vedení z roku 1965 již bylo na hranici své životnosti a nebylo optimalizováno pro vyšší rychlosti dle nejnovějších požadavků TSI. Hlavní slabinou, která se naplno projevila po rekonstrukci NS, byla jeho nízká proudová zatížitelnost, čímž se trakční vedení stalo omezujícím prvkem přenášeného výkonu na stejnosměrných soustavách a de facto tak degradovalo užité vlastnosti nové NS.

Modernizace byla pojata jako kompletní novostavba, přičemž realizátor stavby Elektrizace železnic Praha, namontoval na VZO trolejové vedení stejnosměrného vysokorychlostního typu J250 s izolační hladinou zvýšenou na soustavu AC 25 kV 50 Hz. Dále pro zlepšení přenosu výkonu na stejnosměrných soustavách bylo trakční vedení doplněno zesilovacím vedením o průřezu  $2 \times 240 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ .

I zde byl kladen velký důraz na minimalizaci vlivu stavby na běžný provoz okruhu. Celková doba výstavby byla ze strany VUZ požadována pouhé tři měsíce. Splnění tohoto termínu bylo možné jen díky nasazení nebývalých montážních kapacit, např. 2 pojízdných betonáren a 6 montážních vlaků trakčního vedení. V červnu a červenci 2010 byly v denních výlukách prováděny výkopy a betonáže základů a stavění stožárů, přičemž v nočních hodinách bylo trolejové vedení zapnuto a VZO byl běžně využíván. Srpen byl vyhrazen nepřetržité výluce, v níž bylo demontováno staré vedení, stožáry i základy a byla provedena montáž a regulace vedení nového. Dne 25. 8. 2010 bylo trolejové vedení uvedeno pod napětí a proběhlo měření jeho geometrické polohy při rychlosti 50 a následně 160 km/h měřicím vozem TÚDC Bohumín. Následující den bylo provedeno dynamické měření interakce sběrače a trolejového vedení pomocí zapůjčené jednotky ř. 680, jejíž sběrač byl za tímto účelem vybaven měřicím zařízením.



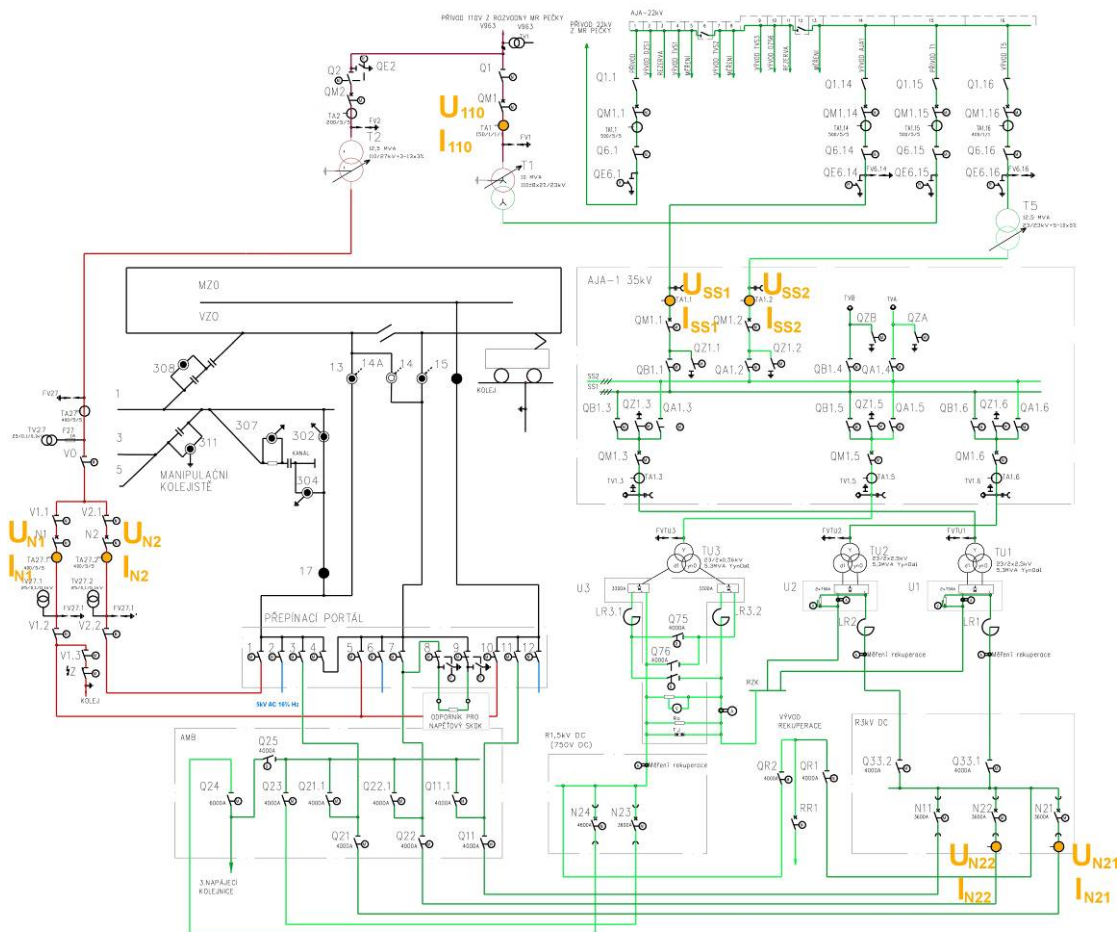
Obr. 4 Montáž trakčního vedení na VZO



Obr. 5 Dokončené trakční vedení VZO

## 5. Měření úbytků napětí na výstupu NS a na trakčním vedení

V závěru roku 2010 pak bylo zkušební laboratoří VUZ prováděno měření pro ověření parametrů napájecí stanice a trakčního vedení z hlediska úbytků napětí vlivem zatížení na výstupu z napájecí stanice a na odlehlem konci velkého zkušebního okruhu. Detailní měření bylo prováděno na systému DC 3 kV, kontrolní měření bylo provedeno též na systému AC 25 kV 50 Hz. Jako zátěž posloužily tři lokomotivy ŠKODA 109E.



Obr. 6 Schéma NS s vyznačením měřících míst

### 5.1 Měření na systému DC 3 kV

Na systému DC 3 kV bylo měřeno napětí a proud v každém stupni přeměny energie ze soustavy 110 kV. Cílem bylo zjištění nejen celkového úbytku na výstupu NS, ale i zjištění příspěvku jednotlivých stupňů NS. Zároveň bylo prováděno měření napětí a proudu na sběrači zátěžové lokomotivy.

Pro vybrané (nejvíce používané) odbočky regulačního transformátoru bylo prováděno zatěžování proměnlivým výkonem tak, aby bylo možné ověřit co největší část voltampérové charakteristiky NS. Dále byl pro všechny odbočky ověřen regulační rozsah napětí naprázdno.

Výsledky těchto měření jsou následující:

5.1.1. *Ověření regulačního rozsahu*

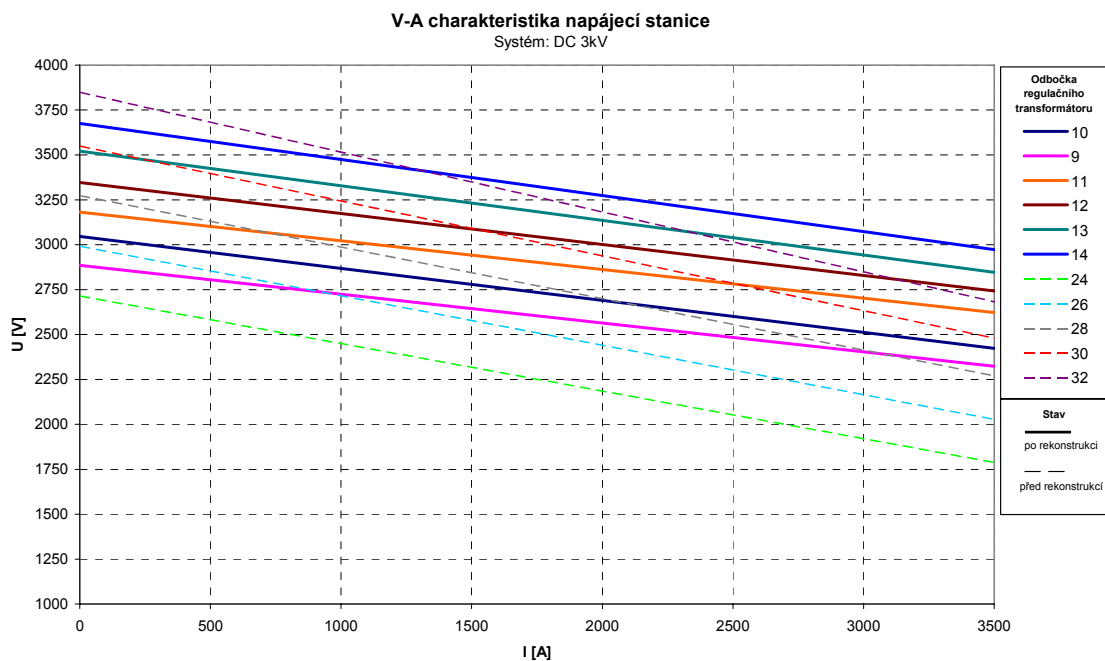
Naměřené hodnoty napětí naprázdno na jednotlivých odbočkách regulačního transformátoru T5 jsou uvedeny v následující tabulce:

Odbočka č.	$U_0$ [V]
1	1621
2	1786
3	1942
4	2106
5	2267
6	2429
7	2589
8	2748
9	2904
10	3070
11	3233
12	3398
13	3552
14	3709
15	3867
16	4031
17	N/A

Při navolení odbočky č. 17 došlo vlivem napětíca 4100 V k zaúčinkování ochrany proti vysokému napětí.

5.1.2. *Voltampérové charakteristiky NS a struktura úbytků napětí*

Naměřené V-A charakteristiky napájecí stanice při použití odboček regulačního transformátoru T5 č. 9 – 14, které zahrnují nejčastěji používané napěťové hladiny a jejich porovnání s charakteristikami původní měřírny jsou uvedeny v následujícím grafu.



Strukturu naměřených úbytků napětí na jednotlivých stupních NS ukazuje následující tabulka:

odbočka č.	$U_0$ [V]	$I$ [A]	$\Delta U_{110}$ [%]	$\Delta U_{SS1}$ [%]	$\Delta U_{SS2}$ [%]	$\Delta U$ [%]
9	2904	868	0,14	0,56	1,05	6,57
		1909	0,52	2,61	3,46	10,82
10	3070	979	0,03	1,28	1,97	6,63
		1833	0,22	2,56	3,69	10,58
11	3233	1018	0,46	1,19	1,65	7,67
		1982	0,71	1,76	2,98	11,75
		2609	0,45	4,79	6,19	13,41
12	3398	1025	0,32	1,83	3,07	7,25
		2006	0,31	4,48	5,81	11,40
		2595	0,50	5,72	7,17	13,61
13	3552	1001	0,41	2,66	3,88	7,72
		2011	0,86	4,32	5,35	12,83
		2671	0,88	5,83	7,64	14,96
14	3709	1013	0,55	1,53	2,74	7,37
		2038	0,85	3,40	4,25	12,80
		2620	0,73	5,18	7,70	14,45

## 5.2 Měření na systému AC 25 kV 50 Hz

Na tomto systému bylo provedeno kontrolní měření, při kterém byl ověřen rozsah výstupního napětí a rovněž změřena V-A charakteristika při jmenovitém napětí.

Výsledky těchto měření jsou následující:

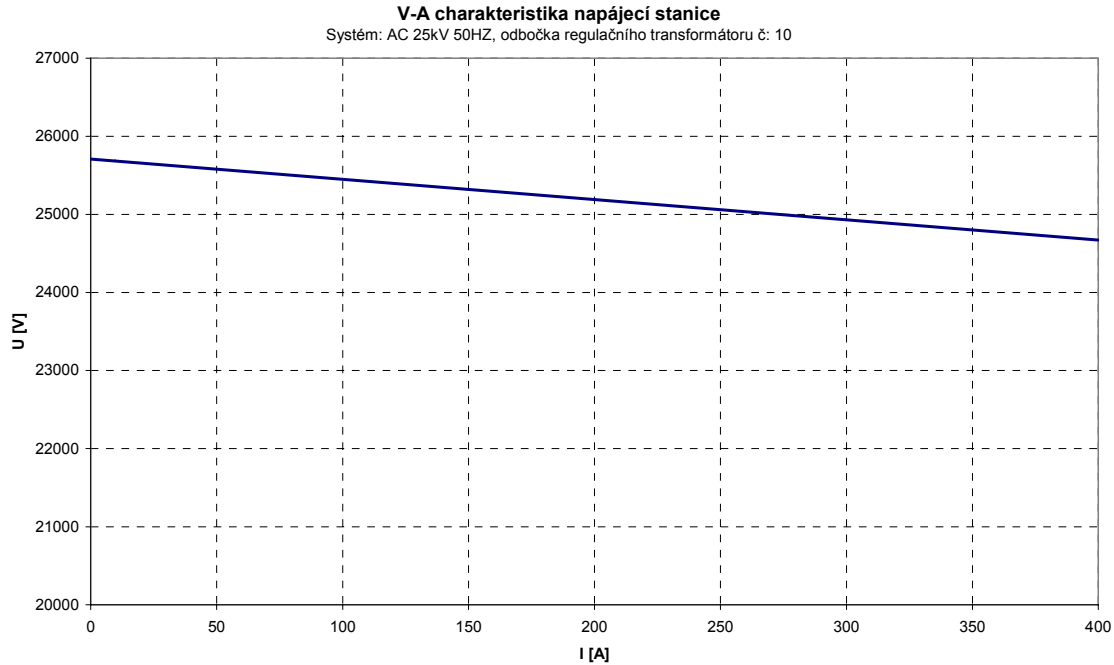
### 5.2.1. Ověření regulačního rozsahu

Naměřené hodnoty napětí naprázdno na jednotlivých odbočkách regulačního transformátoru T2 jsou uvedeny v následující tabulce:

Odbočka č.	$U_0$ [V]
1	16953
2	17817
3	18650
4	19463
5	20255
6	21073
7	21898
8	22709
9	23506
10	24359
11	25175
12	25977
13	26777
14	27584
15	28415
16	29234
17	30115

### 5.2.2. Voltampérové charakteristiky NS

Naměřené V-A charakteristiky napájecí stanice při nastavení jmenovitého napětí regulačním transformátorem T2 je uvedena v následujícím grafu.

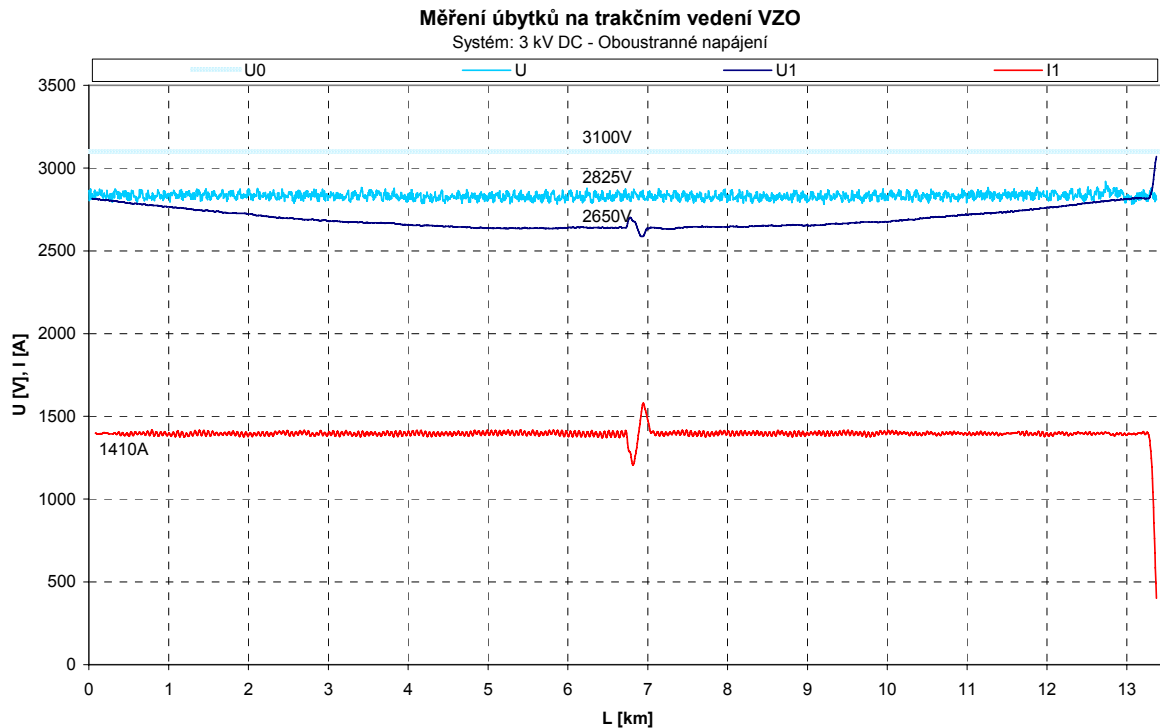


### 5.3 Měření úbytků na trakčním vedení

Během výše uvedených měření bylo také provedeno měření hodnoty napětí na sběrači lokomotivy v různých místech VZO. Na systému DC 3 kV bylo měření prováděno pokud možno při konstantním odběru po celém VZO a to jak v režimu oboustranného, tak v režimu jednostranného napájení. U režimu jednostranného napájení bylo dosažení maximálního odebíraného proudu na odlehlém konci trakčního vedení limitováno vlastnostmi lokomotivy, která při snižování napětí na sběrači začne automaticky omezovat odebíraný proud.



Na následujícím grafu jsou znázorněny úbytky na trakčním vedení na napájecím systému DC 3 kV v režimu oboustranného napájení.



#### 5.4 Technické parametry NS

##### Napájecí systém

###### DC 3 kV

rozsah regulace napětí	<b>1,7 - 4,0 kV</b>
výstupní výkon	<b>10 MW</b>
trvalý proud	<b>3300 A</b>
Max. přetížení	150 % po dobu 2 hodin
možnost rekuperace vozidlem	ANO do odporníků NS na vyžádání

###### DC 1,5 kV a

###### DC 750 V

rozsah regulace napětí	<b>0,4 - 1,8 kV</b>
výstupní výkon	<b>5MW</b>
trvalý proud	<b>limitován trakčním vedením</b>
Max. přetížení	150 % po dobu 2 hodin
možnost rekuperace vozidlem	ANO do odporníků NS na vyžádání

###### AC 25 kV 50 Hz

rozsah regulace napětí	<b>17 - 30 kV</b>
výstupní výkon	<b>10 MW</b>
možnost rekuperace vozidlem	ANO do sítě

###### AC 15 kV 16,7 Hz

rozsah regulace napětí	<b>2,0 - 17,5 kV</b>
výstupní výkon	<b>9 MW</b>
možnost rekuperace vozidlem	ANO do sítě

## 6. Závěr

Více než rok zkušebního provozu NS a provedená měření prokázaly, že parametry NS v kombinaci s novým trakčním vedením na VZO splňují požadavky na ně kladené a úbytky napětí se pohybují v očekávaných hodnotách. Použitý způsob regulace výstupního napětí pomocí regulačního transformátoru, který byl zvolen především kvůli čistotě výstupního napětí pro zkoušky EMC, nemá zásadní vliv na velikost úbytků napětí vlivem zatížení. Modernizací získal VUZ ve svém ZCV moderní napájecí stanici a trakční vedení plně vyhovující požadavkům na zkoušky současných i budoucích elektrických drážních vozidel podle evropských norem i směrnic TSI.

## Literatura:

- [1] Projekt modernizace trakční napájecí stanice, Elpring Praha a.s., 06/2008
- [2] Technická zpráva VUZ TZ 001/2011 Ověření parametrů napájecí stanice ZC Velim, 6. 1. 2011
- [3] ČSN EN 50163 Drážní zařízení – Napájecí napětí trakčních soustav, 07/2005
- [4] TSI HS Energy, 03/2008
- [5] Návrh TSI CR Energy, 11/2009

Praha, duben 2011

Lektoroval: Ing. Vladivoj Výkruta  
VUZ, a.s.