

# Oponentní posudek doktorské disertační práce

Autor: **Ing. Ladislav Mlynařík**  
Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Univerzita Pardubice  
532 10 Pardubice, Studentská 95

Téma: **Poruchové stavy na dvanáctipulzním usměrňovači**

Oponent: **Prof. Ing. Jiří Lettl, CSc.**  
Katedra elektrických pohonů a trakce  
Fakulta elektrotechnická  
České vysoké učení technické v Praze  
166 27 Praha 6, Technická 2  
tel.: 224 352 147, fax: 233 339 972, e-mail: lettl@fel.cvut.cz

Doktorská disertační práce Ing. Ladislava Mlynaříka se zabývá technicky velice zajímavou a z praktického hlediska významnou problematikou vlivu poruchových jevů diod na další chod dvanáctipulzního trakčního usměrňovače v napájecích stanicích stejnosměrného trolejového vedení 3 kV českých železnic. Je proveden podrobný rozbor stavů po průrazu konkrétních diod usměrňovače a stavů po rozpojení jedné nebo více diod usměrňovače. Dále je analyzován vliv zpětného proudu na usměrňovač a jeho transformátor v době průrazu jednotlivých diod, což je důležité zejména při zkoumání vlivu rekuperujících trakčních jednotek na porušený usměrňovač napájecí stanice. K ověření teoretických předpokladů je využita počítačová simulace a měření na laboratorním modelu zkoumaného systému. Závěrem jsou diskutovány vhodné postupy a metody, jež by měly vést ke zvýšení spolehlivosti provozovaných napájecích zařízení a tím i ke stálosti napájení stejnosměrné trakční sítě.

## 1. Aktuálnost daného tématu

Téma disertační práce je vysoce aktuální a má praktický význam pro objasnění vlivu poruchových stavů dvanáctipulzního trakčního usměrňovače na další chod napájecí stanice železničního stejnosměrného trolejového vedení 3 kV. Na základě vykonané exaktní počítačové simulace a analýzy i na sestaveném laboratorním modelu systému uskutečněného experimentálního rozboru jevů, které nastanou po průrazu nebo po rozpojení diod usměrňovače a vyšetření poměrů na porušeném usměrňovači v době rekuperace lze stanovit řadu doporučení pro technické řešení napájecích stanic, která umožní zvýšit spolehlivost celého napájecího řetězce železniční stejnosměrné trakční sítě.

## 2. Stanovené cíle a jejich splnění

Písemné shrnutí stanovených cílů je uvedeno přehledně v pěti bodech závěrem kapitoly 1 na str. 10 disertační práce. Stručně lze vytčené cíle charakterizovat jako vyšetření vlivu zátěže na obsah vyšších harmonických napájecího proudu, analýzu chování dvanáctipulzního usměrňovače napájecí stanice 3 kV stejnosměrných při průrazu diod a při přerušení diod usměrňovače, rozbor vlivu zpětného proudu na usměrňovač a napájecí řetězec v případě průrazu některých diod (vše pomocí simulace na počítači a měření na laboratorním modelu systému) a navržení vhodných opatření ke zvýšení spolehlivosti provozovaných napájecích

zařízení. Lze konstatovat, že ze 148 stránek textu tvoří cca 16 % nezbytné úvodní prohlášení, anotace, obsah a seznamy literatury, zkratk, obrázků, tabulek či příloh; pouze cca 12 % práce má převážně rešeršní či popisný charakter (kap. 1 a kap. 2); zbytek je věnován počítačové simulaci a laboratornímu modelu systému (kap. 3), analýze usměřovače při průrazu diod (kap. 4) a při rozpojení diod (kap. 5), poměrům na porušeném usměřovači v době rekuperace (kap. 6), shrnutí dosažených výsledků a závěrům (kap. 7). V této části představující cca 72 % textu obsahující množství různých časových průběhů veličin získaných jak simulací, tak měřeními na laboratorním modelu systému spatřuji hlavní přínos práce. Tento komplexní přístup umožnil provést podrobné zhodnocení problematiky a stanovení praktických doporučení. Získané výsledky prokazují, že stanovené cíle byly splněny.

### **3. Zpracování doktorské disertační práce**

#### **a) Zvolené metody zpracování**

Použité metody zpracování zahrnují vymezení základních pojmů a rešeršní popis provozních a poruchových stavů analyzovaného systému souvisejících s danou problematikou (kap. 1 a kap. 2), odvození náhradního schématu napájecí stanice s dvanáctipulzním usměřovačem a určení struktury a hodnot prvků laboratorního modelu systému (kap. 3). Dále pak následuje analýza usměřovače při průrazu diod (kap. 4), při rozpojení diod (kap. 5) a rozbor poměrů na porušeném usměřovači v době rekuperace (kap. 6) provedená jednak exaktně počítačovou simulací, jednak experimentálně měřeními na laboratorním modelu systému. Tuto část práce je možno považovat za nejvýznamnější a její komplexní pojetí a zpracování umožnilo na základě shrnutí získaných výsledků stanovit praktické závěry a doporučení (kap. 7). Oprávněnost zvolených postupů a použité metodiky byla prokázána množstvím získaných a v práci doložených průběhů veličin a jejich v praxi využitelným vyhodnocením.

Disertant by měl blíže uvést, vysvětlit či zhodnotit:

- zda uvedené vztahy pro přirozenou komutaci (str. 18-19) lze použít též pro spontánní a vícenásobnou komutaci, kdy během komutace mohou být v jednom trojfázovém můstku ve vodivém stavu až čtyři diody současně; jak byly v následně prováděné analýze uvažovány komutační úbytky, neboť v mezním případě může při vícenásobné komutaci střední hodnota výstupního stejnosměrného napětí usměřovače klesnout až k nule (trojfázový zkrat střídavého zdroje); jak je z tohoto pohledu oprávněné tvrzení, že „z hlediska generování vyšších harmonických zpět do napájecí sítě je lepší provozovat jednu zatíženou usměřovačovou jednotku než množství paralelně pracujících jednotek s malou zátěží“ (str. 19);
- tvrzení, že „je možné závěry vyvozené na základě simulací při zátěži vyvolávající vícenásobnou komutaci zobecnit i na usměřovač, v němž komutují vždy pouze dvě diody společně“ (str. 78);
- situaci při průrazu dvou diod stejného trojfázového můstku, jedné v kladné a druhé v záporné větvi (str. 78 a tab. 4.3 na str. 91), kdy jsou všechny ostatní diody můstku ohroženy podstatným zvýšením proudu;
- konkrétní možnosti indikace přerušení některé z diod usměřovače (str. 92-99);
- jak řešit potenciálně nejrizikovější případ rekuperace při dvou proražených diodách usměřovače, kdy je rekuperující vozidlo dostatečně daleko od měnirny na to, aby napětí na jeho sběrači nepokleslo pod 2 kV a současně dostatečně blízko na to, aby protlačilo vedením příliš vysoký proud (str. 124 a str. 130).

## **b) Systematičnost, přehlednost, jazyková, terminologická a grafická úroveň**

Kromě úvodních pasáží, obsahu, seznamu použité literatury, seznamu zkratk a pojmů, seznamu obrázků, seznamu tabulek, seznamu publikací autora a seznamu příloh je práce rozdělena do sedmi kapitol, které jsou dále logicky členěny do dvou úrovní vždy několika podkapitol. Práce má přehlednou skladbu a ucelený charakter. Autor nezabíhá do zbytečných podrobností, vhodně cituje použitou literaturu. K přehlednosti práce přispívá též zařazení seznamů použitých zkratk, pojmů, obrázků, tabulek a příloh. Pečlivý přístup k realizaci úkolu dokumentuje i celkově vysoká grafická úroveň zpracování práce. Některé chyby formální a stylistické nemají závažný charakter.

## **4. Přínos disertační práce pro rozvoj vědního oboru**

### **a) Výsledky disertace**

Kvalitu doktorské disertační práce potvrzuje v práci doložený komplexní přehled průběhů veličin vznikajících při reálných provozních a poruchových stavech stejnosměrné trakční napájecí soustavy 3 kV získaný počítačovou simulací a následnou analýzou i měřením na realizovaném laboratorním modelu daného systému. Získané průběhy veličin a odvozené závěry představují zejména pomocný prostředek pro projektování napájecího systému i podklady pro navrhování příslušných ochran a dalších prvků. Práce znamená významný přínos k řešení problematiky poruchových stavů napájecích stanic stejnosměrného trakčního vedení 3 kV a přispívá k optimalizaci technického řešení a provozování těchto trakčních napájecích zařízení.

### **b) Přehled publikovaných prací**

V seznamu publikací autora na str. 146-147 disertační práce a na str. 26-27 tezí disertační práce je uvedeno celkem 18 prací. Jedná se o jeden článek v mezinárodním časopise, jeden článek v tuzemském časopise, pět příspěvků v tuzemských vědeckotechnických sbornících, sedm příspěvků na tuzemských konferencích a čtyři závěrečné zprávy k řešení projektů, jejichž je Ing. Ladislav Mlynařík autorem nebo spoluautorem. Celkový počet uvedených publikovaných prací odpovídá v současné době obvykle požadovanému množství publikací doktoranda.

## **5. Závěr**

Ing. Ladislav Mlynařík splnil stanovené cíle doktorské disertační práce. Disertace obsahuje původní vědecké poznatky vhodné pro praktické využití při řešení problematiky poruchových stavů stejnosměrné trakční napájecí soustavy a splňuje obecně uznávané požadavky na úroveň doktorských disertačních prací. Doktorand prokázal schopnost samostatné tvůrčí vědecké práce. Z výše uvedených důvodů doktorskou disertační práci

**d o p o r u č u j i k o b h a j o b ě .**

V Praze dne 15. února 2013



Prof. Ing. Jiří Lettl, CSc.