



Univerzita  
Pardubice  
Dopravní fakulta  
Jana Pernera

Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě

## POSUDEK OPONENTA DIPLOMOVÉ PRÁCE

**Jméno studenta:** Bc. Tomáš Hering

**Název práce:** Návrh výpočetního software pro trakční energetické výpočty

### Slovní hodnocení

#### **Charakteristika a splnění cílů zadání diplomové práce, zvládnutí problematiky, aktuálnost tématu:**

Zvolené téma práce je velmi aktuální. Potřeba zkoumání energetické náročnosti daného grafikonu vlakové dopravy roste zejména v souvislosti s posledním vývojem legislativních a organizačních podmínek - oddělené subjekty provozování dráhy a drážní dopravy, liberalizace přístupu na dopravní cestu, způsob vyúčtování nákladů na elektrickou trakční energii dopravcům apod.

Téma práce je samo o sobě velmi náročné na zpracování, neboť správné provedení trakčních energetických výpočtů vyžaduje poměrně hluboké znalosti resp. zkušenosti napříč několika různými odbornostmi – od dopravní technologie (včetně provozních předpisů) přes klasickou mechaniku, konstrukci vozidel, až po důkladné znalosti z oboru elektrotechniky a energetiky v dopravě (včetně konstrukce pevných trakčních zařízení).

Komplexní řešení této problematiky je dle mého názoru spíše námětem pro výzkumný úkol. Při obvyklém rozsahu diplomové práce, a souvisejícím časovým omezením na její zpracování, je nutné při sestavování algoritmů přistoupit k řadě zjednodušení oproti skutečnosti, od málo významných, až po taková zjednodušení, která mohou již významně ovlivnit výsledky výpočtů.

Teprve porovnání výstupů algoritmu s reálně naměřenými daty by pak mohlo ilustrovat, nakolik úspěšně bylo zvoleno zjednodušení použitého výpočetního modelu. Takové porovnání však nebylo předmětem zadání diplomové práce – což je pochopitelné, z důvodu časové náročnosti realizace takového ověření (opakované simulační výpočty a především sběr reálných dat a vzájemné srovnání).

Cílem práce tedy bylo především vytvoření výpočetního (simulačního) software pro trakční energetické výpočty. Z příloženého CD se dá nepřímou odvozovat, že cíl práce byl splněn. Bohužel, při zpracování posudku jsem neměl k dispozici spustitelnou verzi předmětného software, takže dále se mohu vyjadřovat pouze k textové části diplomové práce.

V práci postrádám podrobněji rozvedenou část týkající se vyhodnocení výstupů a srovnání výstupů s výpočetní metodou SŽDC V7 – viz požadované body 4. a 4.1 Zadání diplomové práce (zásady pro vypracování).

#### **Logická stavba a stylistická úroveň práce (formální úprava práce – text, grafy, tabulky, obrázky, práce s normami, práce s prameny a citacemi...)**

Formální úprava a stylistická úroveň práce je na standardní, dobré úrovni.

V práci je bohužel poměrně málo ilustrativních obrázků – týká se především práce s programem, tj. ukázky jednotlivých obrazovek/snímků při práci s vytvořeným SW. Rovněž by byl vítaný modelový příklad výpočtu včetně grafických výstupů – grafikon vlakové dopravy, tachogramy jízdy vlaků, průběh celkové spotřeby energie ve zkoumaném traťovém úseku apod., a to nejlépe tabelárně i graficky.

U některých vztahů a vzorců chybí úplný popis a význam jednotlivých veličin a v jakých jednotkách se v daném vzorci uvádějí. Např. (5), (6), (8)-(10) ... a dále, v celé práci.



### Využití dosažených výsledků, námětů a návrhů v praxi:

S ohledem na již uvedené skutečnosti (v první části posudku), se nemohu k tomuto tématu hlouběji vyjádřit. Předpokládám, že předvedení praktického výpočtu na vyvinutém software bude (mimo jiné) předmětem obhajoby diplomové práce a proto doporučuji otázku využití výsledů v praxi (např. při výuce) projednat v rámci diskuse při obhajobě.

Je zřejmé, s ohledem na možnosti dané rozsahem diplomové práce, že pro využití v reálné provozní praxi (SŽDC resp. ČD) by musely na diplomovou práci navazovat další etapy vývoje software, včetně provozního ověřování nad reálnými (naměřenými) daty. Upozorňuji, že toto uvádím jako objektivní skutečnost danou komplexností a náročností problematiky a nejedná se o výtoku diplomantovi samotnému.

### Případné další hodnocení (přístup studenta k zadanému úkolu, připomínky k práci):

K přístupu diplomanta k zadanému úkolu nemám zásadní výhrady. Dále uvedené připomínky se týkají konkrétních zjištění u jednotlivých vztahů a nemají vliv na celkové výstupy diplomové práce:

čl. 1.2 - vztah (10): pokud jsou hodnoty  $a$ ,  $g$ , uváděny v obvyklých jednotkách tj.  $m \cdot s^{-2}$ , pak výsledný dynamický odpor by vycházel jako bezrozměrné číslo, resp. s rozměrem  $[N/N]$ , nikoliv  $[N/kN]$  jak je v práci uvedeno;

čl. 1.3.1 - věta „Pokud vozidlo využívá různá skupinová řazení motorů, počet hospodárných stupňů odpovídá jejich počtu.“ není přesná, regulace bývá doplněna o další hospodárné shuntovací stupně;

čl. 1.3.4 - tak jak je vztah (23) uveden, je výsledný součinitel adheze v jednotkách  $[N/kN]$ , nikoliv bezrozměrný;

čl. 2.2.1 - vztahy (30)-(33), měrné spotřeby nelze prostě sčítat – sčítat lze pouze dílčí spotřeby a poté součet převést na společnou měrnou jednotku (tunokilometry);

čl. 3.3.1 - úprava vztahu (50) vypadá na první pohled zmatečně – chybí upozornění, že úprava je platná tehdy a jen tehdy, pokud za  $\Delta t$  dosadíme hodnotu 1s. Totéž vztahy (54) a (57) čl. 3.3.2 a 3.3.3;

čl. 4.3.1 - měrná spotřeba napájení vozu pro vytápění/klimatizaci je uvedena pravděpodobně ve špatných jednotkách – hodnoty od 1,0 do 7,5 W/N by pro běžný osobní vůz o tíze 400kN znamenaly příkon od 400 do 3000 kW, což je zjevně nereálné – koeficient by měl být odhadem 100x menší (příkon vozu 4-30kW).

### Nejdůležitější otázky k zodpovězení při obhajobě:

Za nejdůležitější při obhajobě považuji předvedení praktického výpočtu na vyvinutém software, s okomentovanými vstupními a výstupními daty.

Další dílčí otázky ke zodpovězení se týkají převážně omezení resp. zjednodušení použitého výpočetního modelu:

čl. 1.1.2 V jakém rozsahu rychlostí je možno použít přibližný vztah (7) pro odpor tunelu? Jak je nutno upravit vzorec pro vysokorychlostní tratě?

čl. 2.2.1 Může být hodnota  $p_m$  dle vztahu (30) také záporná? Jaký to má praktický význam a jak se taková hodnota dále zpracuje při navazujícím výpočtu spotřeby energie  $A_T$ ?

čl. 3.3.1 Pokud vlak přejede z úseku s nižší hodnotou traťové rychlosti (=rychlostí limit tratě – v terminologii používané v tomto článku) do úseku s vyšší hodnotou traťové rychlosti, není zpravidla možné (až na výjimky dané návěstními předpisy) okamžitě zahájit zvyšování rychlosti jízdy – je nutné, aby úsek s nižší traťovou rychlostí opustila všechna vozidla vlaku. Na síti SŽDC může být délka vlaku až 700m, což např. při traťové rychlosti (resp. tzv. „pomalé jízdě“) 30km/h znamená dobu jízdy dalších 84 sekund touto nízkou rychlostí. Je přechod z úseku s nižší traťovou rychlostí do úseku s vyšší traťovou rychlostí takto implementován v daném SW řešení?

čl. 3.3.1 Není uvedena zmínka o případech nuceného přerušení elektrického napájení vlaku (neutrální pole v trakčním vedení). Je tato problematika v daném SW řešení implementována? Pokud ano, jakým způsobem? Jedná se především o následující:

- vliv polohy hnacího vozidla a jeho sběračů proudu (v čele vlaku, na konci vlaku, na obou koncích vlaku, elektrická jednotka s centrálním ovládním sběračů...)?
- časovou prodlevu pro „zotavení“ trakčních a řídicích obvodů vozidla a možnost opětovného vyvíjení tažné síly (u některých moderních vozidel bohužel nezanedbatelná – prodleva kolem 0,5 minuty, což např. při traťové rychlosti 120km/h znamená ujetou dráhu kolem 1000m) ?
- nemožnost rekuperace v neutrálním poli trakčního vedení, a za ním, po dobu nutnou ke zotavení?



čl. 3.4.3 Pokud jsou všechna vozidla soupravy zahrnuta v jednom dílčím obvodu, znamená to tedy, že např. traťový odpor je v daném kroku výpočtu stejný pro všechna vozidla soupravy, bez ohledu na skutečnou polohu konkrétního vozidla na trati (jízda vlakové soupravy přes lom nivelety)?

čl. 4.3.4 Některé napájecí (traťové) úseky z různých důvodů nedovolují využití rekuperace hnacího vozidla (problém vzdáleného zkratu, neochota provozovatele veřejné distribuční sítě apod.). Je v daném SW řešení implementována možnost vypnutí rekuperace v daném (vybraném) traťovém úseku (úsecích)?

čl. 6.2 Text naznačuje, že simulace jízdy konstantní rychlostí je nahrazena (střídáním) rozjezdu a brzdění? Je tomu skutečně tak, nebo se jedná pouze o poněkud nešťastnou formulaci textu práce, která připouští různý výklad? Pokud se opravdu jedná o střídání rozjezdu a brzdění, jaký to má vliv na přesnost výpočtu spotřeby energie (např. různé účinnosti hnacího vozidla při rozjezdu po obalové křivce trakční charakteristiky a při jízdě dílčím výkonem při udržování rychlosti – především lokomotivy s odporovou regulací)?

**S přihlédnutím k uvedeným skutečnostem diplomovou práci DOPORUČUJI k obhajobě a klasifikuji stupněm:**

A (Výborně)	B (Výborně minus)	C (Velmi dobře)	D (Velmi dobře minus)	E (Dobře)	F (Nevyhověl)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\_\_\_\_\_   
Odpovídající hodnocení označte X

**Posudek vypracoval:**

Jméno, tituly

Ing. Pavel Šiman, CSc.

Místo a datum vyhotovení posudku v Olomouci 1.2.2018

Podpis.....  
