UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

Katedra mechaniky, materiálů a částí strojů
Dopravní fakulta Jana Pernera
Univerzita Pardubice
Studentská 95
532 10 Pardubice

Posudek vedoucího diplomové práce

Název práce	**Návrh pohonu dvojkolí v podvozku elektrické jednotky s vnitřním rámem**
Akademický rok	**2022/2023**
Student	**Bc. Filip Ondrišík**
Vedoucí práce	**doc. Ing. Petr Voltr, Ph.D.**

Obecná charakteristika

Předložená diplomová práce se věnuje návrhu mechanické části pohonu dvojkolí v podvozku, kde je konstrukční prostor omezen vnitřním rámem podvozku. Podvozky s vnitřním rámem (tj. s nápravovými ložisky mezi koly) se jeví jako výhodné v některých aplikacích a hlavní výrobci železničních vozidel pro osobní dopravu dnes takové podvozky mají ve výrobním programu anebo je vyvíjejí. Zadání diplomové práce vychází z nabídky firmy Škoda Transportation, a.s., a je tak zcela relevantní pro praktické použití.

Diplomová práce má 105 stran textu a přílohy, čímž převyšuje rozsah doporučený v zadání. Je to dáno zejména výpisem strojírenských výpočtů (např. pevnostní kontrola ozubení), které obsahují množství veličin a vztahů. Práce však netrpí nadbytečným obsahem, který by nebyl podstatný pro splnění zadání.

Forma odevzdané práce odpovídá předpisům a doporučením pro diplomovou práci. Práce dle mého názoru neobsahuje originální řešení vhodné pro autorské osvědčení či patent.

Postup práce

Téma diplomové práce si student zvolil z nabídky vypsané firmou Škoda Transportation, a.s. Z jednání vedoucího práce a zástupce firmy vzešlo zadání diplomové práce a upravený název. Zástupce firmy průběžně poskytoval vstupní data pro řešení daného problému a byl k dispozici ke konzultacím se studentem, přičemž iniciativu přenechával studentovi.

Z pohledu vedoucího soudím, že student mohl svižněji přistoupit k řešení práce v počátečním období po zadání, a získat tak čas k důkladnějšímu zpracování některých finálních partií. Jinak ale pracoval samostatně a pilně a udržoval si dobrý přehled o dílčích úkolech, které bylo třeba řešit. Bez prodlev konzultoval jednotlivé kroky s vedoucím práce a reagoval na všechny připomínky. Vhodně využíval prostředky elektronické komunikace, sdílení dokumentů a práce s komentáři a úpravami textu.

Zpracování zadaného úkolu

Diplomová práce p. Ondrišíka se řídí zásadami pro vypracování, které jsou uvedeny v zadání.

Přehled dosavadních řešení podvozků s vnitřním rámem a jejich pohonů je splněn kapitolami 2 a 3, které mají podle mého názoru dostatečný rozsah a hloubku. Přehled řešení pohonu obsahuje vyjádření k tomu, které druhy jsou využity u existujících podvozků s vnitřním rámem.

Analýza pohybů a silových účinků v pohonu je řešena v obecném pojetí v kapitole 4, konkrétní výpočty jsou potom součástí podrobnějšího popisu zvoleného řešení. K tomuto problému bych si dokázal představit přehlednější výklad a grafická znázornění, avšak zásadní opomenutí jsem nezaznamenal. V oddílu 4.3 se používá nedůsledné značení: symbol l_z je někde užíván pro délku reakčního ramene (obr. 27–29), zatímco jinde pro délku závěsky (obr. 30, 31). Toto má za následek chybu v textu k rovnici (14) – zde musí l_z značit délku reakčního ramene, nikoli závěsky.

Vlastní návrh koncepčních variant se zakládá na kapitole 5, která udává vstupní parametry zadané výrobcem, a je potom popsán v kapitole 6. Je představena jen jedna koncepce pohonu s variantami spočívajícími v různém tvaru ozubení a různém ložiskování ozubených kol. Oproti tomu na základě samotného zadání diplomové práce by čtenář mohl očekávat vytvoření většího počtu koncepcí a jejich srovnání podle zadaných kritérií („konstrukční prostor, vzájemné pohyby, silové namáhání [...] náročnost výroby, pořizovací a údržbové náklady, životnost“). To by sice bylo možné jako konstruktérské cvičení, ale nemělo by to větší praktický význam. V průběhu práce totiž byly výrobcem upřesněny okrajové podmínky, které nejsou součástí dokumentu zadání diplomové práce, a okruh použitelných řešení se tím zúžil. Pokud tedy student některé části zadání nerozpracoval dostatečně, jiným musel věnovat větší úsilí. Zejména řešil návrh ozubení a ložiskování nápravové převodovky v takovém konstrukčním prostoru, který je dle mých znalostí podstatně užší než u kteréhokoli železničního vozidla srovnatelné kategorie.

Konkrétní konstrukční řešení je popsáno v kapitole 7, která je rozsáhlá vzhledem k výpisu pevnostních výpočtů. Koncepce pohonu kloubovým hřídelem v dutém rotoru byla zadána výrobcem. Student zvolil druh kloubového hřídele, ověřil pohyblivost kloubů, navrhl uspořádání nápravové převodovky a provedl pevnostní výpočet ozubení, ložiskování ozubených kol a lisovaného spoje velkého ozubeného kola s nápravou.

Některé části analýzy by mohly být uspořádány přehledněji a srozumitelněji, zejména co se týče popisu a ověřování vzájemných pohybů v sestavě pohonu. Nezaznamenal jsem však, že by to vedlo k chybným výsledkům.

Dále je v zadání požadováno vytvoření zjednodušeného modelu celého podvozku a úplného modelu pohonu. Tyto modely jsou dokumentovány obrázky v kapitole 7. Vzhledem k chybějícím podkladům výrobce je model podvozku značně schematický, avšak představu o umístění pohonu poskytuje. Model nápravové převodovky je doplněn sestavným výkresem, též požadovaným v zadání. Výkres je vygenerován z 3D modelu, a třebaže před dokončením prošel zásadním zdokonalením na základě připomínek, některé náležitosti technického kreslení nejsou splněny (zejm. kreslení os a šrafování). Tělesa, která jsou ve výkresu zastoupena jen svou obálkou (homokinetický kloub), by neměla být znázorněna jako plné bloky. Z hlediska konstrukce nelze skříň nápravové převodovky považovat za dokončenou – to bude ještě vyžadovat další práci se značným úsilím vzhledem k technologičnosti výroby a montáže v tak omezeném prostoru. Úplné řešení je dle mého názoru mimo rozsah diplomové práce.

V zadání je požadován pevnostní výpočet vybrané části pohonu. Tento bod je splněn výpočtem ozubení a ložisek (vedle toho i lisovaného spoje), což jsou zásadní prvky pro proveditelnost celé konstrukce.

Formální náležitosti a jazyková úroveň

Formální a jazyková úroveň diplomové práce je velmi dobrá. Oddíly, obrázky, tabulky a rovnice jsou správně číslovány a odkazovány. Použité zdroje jsou řádně uvedeny v seznamu literatury, na příslušných místech jsou k nim v textu číslované odkazy.

Technicky je dokument na dobré úrovni – obrázky mají dostatečné rozlišení a přehledné zpracování, avšak některé popisky a kóty ve schématech by ještě zasloužily úpravu k lepší čitelnosti. Do obrázků 33 a 34 by měly být doplněny osy.

Text obsahuje malé množství stylistických a typografických nedostatků.

Kontrola plagiátorství

Odevzdaná diplomová práce byla automaticky podrobena kontrole plagiátorství systémem Theses.cz. Systém nalezl podobnost s 24 dokumenty, v jednom případě s podobností 13 % – jedná se o starší diplomovou práci z téhož pracoviště. Z podrobností vyplývá, že shoda je dána použitím stejných ustálených sousloví technického popisu (zejména v názvu práce, opakovaném v záhlaví každé stránky) a standardizovaných výpočetních postupů. Student se nedopustil plagiátu ani v obsahu řešení, ani ve znění textu.

Shrnutí

S odkazem na jednotlivé body v pokynech pro posouzení diplomové práce vedoucím shrnuji posudek takto:

1. **Úplnost práce z hlediska požadavků zadání:** Požadavky zadání byly splněny. U některých dílčích položek by bylo možné vnímat nedokonalosti v jejich vypořádání, avšak to je dáno jinými otázkami, které vyvstaly při upřesňování vstupních parametrů a jejichž řešení mělo větší význam pro smysluplnost celé práce.
2. **Postup práce:** Student pracoval zodpovědně a samostatně, vhodně využíval konzultace s vedoucím práce a reagoval na připomínky.
3. **Práce se zdroji z praxe a z odborné literatury:** Student při práci využil relevantní zdroje a získal z nich potřebné informace. Vstupní údaje od výrobce byly při řešení zcela zohledněny.
4. **Odborná úroveň a přínos diplomové práce:** Práce je na přiměřené odborné úrovni a mám za to, že představuje příspěvek k řešení technického problému s dopadem do výroby moderních železničních vozidel.
5. **Výsledek kontroly plagiátorství:** Přes určitou míru shody detekovanou systémem je po bližším posouzení jisté, že student se nedopustil plagiátu.

Na základě výše uvedeného posouzení hodnotím diplomovou práci Bc. Filipa Ondrišíka stupněm B (1,5). Prosím autora, aby v obhajobě odpověděl na následující otázku:

- V oddílu 7.1.1, str. 52, je uvedeno, že průměr lamelové spojky může být větší než ve vypracovaném modelu (využití této možnosti od pohledu považuji za pravděpodobné). Oproti tomu ověření dostatečného prostoru v okolí spojky (odd. 7.5.5, str. 93–97) se opírá mimo jiné o odstup v radiálním směru – kóta 7 mm na obr. 95. Při zvětšení průměru spojky tento odstup zanikne. Bude i v takovém případě zamezeno kolizi části spojky s čelem trakčního motoru?

V Pardubicích dne 29. května 2023

doc. Ing. Petr Voltr, Ph.D.