

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Návrh hybridního agregátu vozidla
Jméno autora:	Jaroslav Vítek
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Oponent práce:	Ing. Josef Morkus, CS.
Pracoviště oponenta práce:	Centrum vozidel udržitelné mobility

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	mimořádně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Náročnost zadání je dána jeho rozsahem a vysokými požadavky na pohon vozidla.	

Splnění zadání	splněno s většími výhradami
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Zadání lze považovat za splněné. Zatímco konstrukční část práce je zpracována kvalitně a promyšleně, výhrady se týkají zejména výpočetní části (viz dále).	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený způsob řešení považuji obecně za správný. Navíc oceňuji, že práce popisuje i řešení, která byla během tvorby finální verze zamítnuta včetně důvodů, proč tomu tak bylo.	
Složitost a náročnost práce byla ovlivněna méně obvyklou volbou polohy elektromotoru v pozici P3, t.j. jeho připojením na výstup z převodovky.	

Odborná úroveň	D - uspokojivě
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Práce má část teoretickou a část praktickou.	
Teoretická část je v podstatě rešerší typů elektromotorů, druhů hybridních pohonů a typů spojení rotujících částí. Podotýkám, že hybridní pohony včetně jejich elektrických částí jsou přednášeny až v magisterském studiu, student proto musel vycházet z dostupné literatury. Proto se omezím na konstatování, že tato část je rámcově správná, některé použité formulace jsou však poněkud zjednodušené, nepřesné a neúplné a místy jsou použity nevhodné výrazy, např. v úvodu „výpary z automobilů se SM“.	
Poznámky k teoretické části: Na obr.6 je jedno z možných, nikoliv však typické uspořádání paralelního hybridu. Rovněž obr. 7 nepředstavuje typické řešení sériově-paralelního hybridu. Kap. 6.2.2 je zřejmě popisem první generace hybridního pohonu Toyoty, ale v Toyotě je k unašeči připojen vstupní (nikoliv výstupní) hřídel a není možné, aby u planetového soukolí SM (unašeč) a S/A (centrální kolo) stály a M/G (korunové kolo) se otáčelo, jak je uvedeno v popisu decelerace. Toyota Prius nepoužívá řemenový variátor ani tzv. „ocelový řemen“ (Kap. 6.2.3, obr.20). Tyto údaje zřejmě pocházejí z chyb v literatuře nebo z její nesprávné interpretace.	
Praktická část se opět dělí na výpočetní a konstrukční část.	
Ve výpočetní části se stanovují jízdní odpory, požadovaný výkon EM a převodový poměr mezi EM a koly. S použitím charakteristiky EM je pak vytvořena trakční charakteristika elektrického pohonu	
Jízdní odpory: Je uvažován odpor valení, odpor vzduchu, odpor stoupání a celkem zanedbatelné odpory ložisek a víření oleje. Odpor valení: ve vztahu (5) i v Excelu chybí cosinus úhlu stoupání (na výsledky má malý vliv).	
Odpor akcelerace je sice uveden, ale nikde není vyčíslen. Ve vztahu (2) pro jeho výpočet je použit symbol g, což jinde, např. ve vztahu (5) znamená gravitační zrychlení. Správně má být zrychlení vozidla.	

Při stanovení maximálního odporu by bylo vhodnější vycházet z odporu akcelerace, který pro běžná zrychlení dává vyšší hodnoty odporu než použitý odpor stoupání.

Hmotnost: ve vztazích (2) až (7) je uvedena m_{vozidla} . V Excelu jsou v zadání dvě hodnoty: $m_{\text{vozidla}}=1570$ kg a $m_{\text{pohotovostní}}=1145$ kg. Celková hmotnost je pak počítána z $m_{\text{vozidla}} + 4$ osoby + náklad, takže vychází 2090 kg, s uvažováním EM a baterie dokonce 2206 kg, což je výrazně nad povolenou maximální hmotností Fabie. Tento nesoulad by měl autora upozornit, že ve výpočtu není něco v pořádku.

Výkony: Pro prázdné vozidlo jsou počítány z pohotovostní hmotnosti, což je správné. Uvažovaná síla odporů je však vyšší než součet uvedených odporů. Je uvažován nějaký neuvedený odpor akcelerace? Pro zatížené vozidlo se však při výpočtu jízdních odporů vychází z té chybné hmotnosti 2206 kg a z toho vychází i volba elektromotoru. Navíc není vzata v úvahu možnost krátkodobého přetížení EM. Pro městský provoz by zřejmě stačil motor o menším výkonu. Problematická je i volba 48V EM pro jeho umístění v pozici P3, což vede při zatížení k vysokým proudům řádu stovek Ampér.

Převod od EM ke kolům je navržen správně. Oceňuji, že není uvažován jen podle požadovaného momentu, ale i podle účinnosti pohonu.

Dále je proveden návrh kapacity baterie. Baterie je však silně poddimenzována. S kapacitou cca 4 kWh nemůže dosáhnout dojezd 50 km. Příčinou je zřejmě podcenění účinnosti přenosu výkonu z baterie na kola vozidla a neuvažování odporu akcelerace.

Konstrukční část považuji za dobře zvládnutou a nemám k ní žádné podstatné výhrady. Za správné považuji použití zubové spojky k odpojení elektromotoru při pohonu SM a naopak jeho připojení při deceleraci. Tato část představuje značné množství odvedené práce a je stěžejní částí této BP.

Poznámky: Jelikož se výkon od EM přenáší přes hnací kolo 5°, bude změněné zatížení hnacího hřídele převodovky a proto by měla být provedena kontrola jeho průhybů a ložisek.

Obr. 32: V nárysu je ztotožněna předloková hřídel se vstupní hřídelí převodovky, což mate, neboť každá z těchto hřídelí je v prostoru jinde.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

C - dobře

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Práce má 76 stran + výpočetní excel, což je výrazně nadprůměrné. Text je napsán přehledně, avšak vyskytují se zde některé nevhodné výrazy a formulace a překlepy zvláště v koncovekách slov. Je bohatě ilustrován obrázky. Část textu je psána v množném čísle, proč?

Poněkud nešťastné je používání slova Motor bez bližší specifikace, není vždy jasné zda jde o SM nebo EM.

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

K práci je připojen seznam 32 literárních zdrojů, na které jsou správně v textu uváděny odkazy.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Je nutné vzít v úvahu značné množství práce, které student během zpracování BP odvedl a skutečnost, že hybridní pohony jsou přednášeny až v magisterském studiu.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Hlavním cílem práce bylo zřejmě zpracování konstrukčního návrhu řešení hybridního pohonu. V tomto smyslu lze výsledek řešení hodnotit kladně. Bohužel kvalitu degradují chybné úvahy ve výpočetní části, patrně vyplývající z nezkušenosti autora.

Proto předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **D - uspokojivě.**

Datum: 10.8.2023

Podpis: Josef Morkus

Otázky:

- 1) V práci je uvažován buď pohon EM, nebo pohon SM. Bylo by v daném řešení možné použít i hybridní pohon, t.j. oběma motory současně?
Pokud ano, za jakých podmínek?
- 2) Čím je zachycován reakční moment EM?
- 3) V práci není řešeno mazání převodu mezi EM a převodovkou, nebylo součástí zadání. Pokud jste o tomto uvažoval, přemýšlel jste o použití společné náplně nebo odděleného mazání obou částí?