

MOTORBIKE WITH AN ELECTRIC POWER TRANSFER

Dominik Mička

Master Degree Programme (2.), FEEC BUT

E-mail: xmicka04@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Pavel Vorel

E-mail: vorel@feec.vutbr.cz

Abstract: This project describes the experiment of the electric transfer of power applied on a classical bicycle. There are described single parts of the concept in the project and there is also given a short presentation of how it can be used on the bicycle. The power is being transmitted without a battery and the control system is designed to be able to deal with the power peak of the electric engine and to ensure the maximum efficiency of the combustion engine operating with varying actual power.

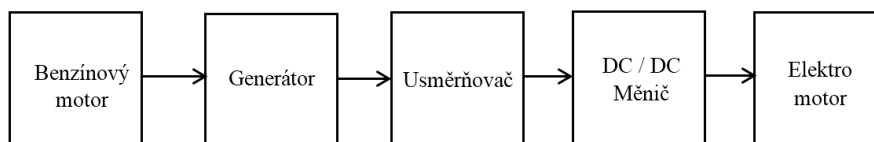
Keywords: DC/DC converter, Electric motor drive, Hybrid drive, Motor bike, Combustion engine, PMSM, Rectifier, Combustion engine efficiency

1. ÚVOD

Jízdní kola a elektrokola představují ekologický a elegantní prostředek osobní dopravy umožňující levnou individuální přepravu osob cestujících bez větších zavazadel. Jejich zásadní nevýhodou jsou zejména omezení daná fyzickou zdatností nebo kapacitou baterií při snaze přepravit se na větší vzdálenosti. Tuto nevýhodu sice řeší klasický moped nebo motocykl, bohužel na něj je však již potřebné řidičské oprávnění a také vyžaduje patřičné schopnosti pro ovládání. Pak se jako vhodná alternativa nabízí jízdní kolo s přídavným spalovacím motorem. Ovládání je jednoduché (absence spojky a řazení, malá hmotnost i výkon), řidičské oprávnění není podmínkou a hmotnostní využitelná měrná energie benzínu v nádrži je řádově vyšší než při použití nejmodernějších akumulátorů Li-ion, LiFePO₄ apod.). Standardní jízdní kola s pomocným spalovacím motorem však používají přenos mechanického výkonu z hřídele spalovacího motoru na kolo pomocí třecího převodu (pastorek a plášť hnaného kola). Toto jednoduché řešení má však několik zásadních nevýhod, zejména špatnou účinnost převodu (méně než 70 %) a vliv počasí na funkci převodu. Ideálním řešením by bylo použití standardních převodů (ozubená kola, řetězy, řemeny), spojky a převodovky. Taková motokola se vyráběla ve 20. letech 20. století. Tento příspěvek popisuje konstrukci s elektrickým přenosem výkonu (místo převodů a spojky). Tak lze docílit maximalizace účinnosti spalovacího motoru v širokém rozsahu momentu a otáček hnaného kola. Dále se tím umožní variabilita prostorové zástavby spalovacího motoru na kole.

2. KONCEPT

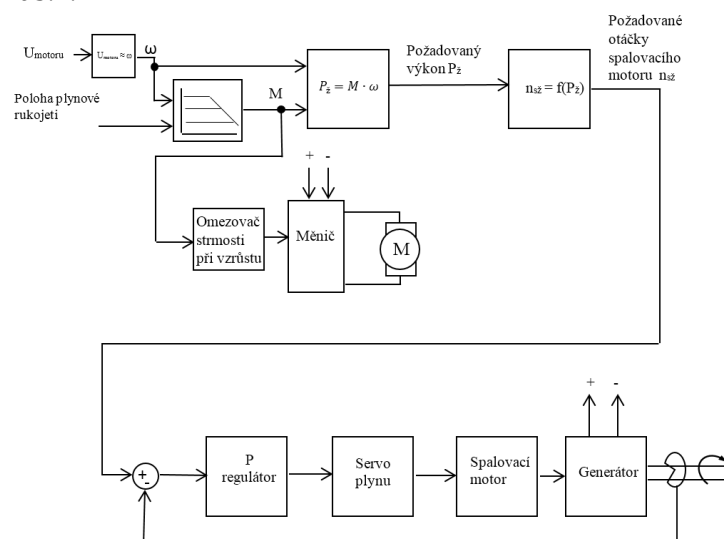
Koncept elektrického přenosu výkonu ze spalovacího motoru na hnané kolo je zachycen na Obr. 1. Spalovací motor lze provozovat s otáčkami nezávislými na otáčkách kola. Otáčky a moment spalovacího motoru jsou pak řízeny tak, aby byl spalovací motor schopen poskytovat aktuálně požadovaný trakční výkon. Přitom lze nastavit takový pracovní bod (moment, otáčky), v němž má spalovací motor aktuální požadovaný trakční výkon a přitom maximální možnou účinnost. Na druhé straně je ovšem jasné, že v případě pohonu jízdního kola malého výkonu, bude samotná účinnost přenosového řetězce generátor + usměrňovač + měnič + elektromotor podstatně nižší, než účinnost klasických mechanických převodů (odhadem 65 % místo 95 %, pokud ovšem pracujeme v ustáleném stavu, kdy spojka neprokluzuje). Hlavní důvod použití řešení s elektrickým přenosem výkonu lze tedy spatřovat spíše v odstranění fázi prokluzu spojky a v jednoduchosti mechanického řešení [3].



Obrázek 1: Blokové schéma pohonného systému motorového kola

3. PRVKY POHONU

Spalovací motor je klasický čtyřtákní motor Subaru Robin EH035 s maximálním výkonem 1,18 kW při otáčkách 7000 ot/min. Točivý moment tohoto motoru je až 1,76 Nm. Synchronní generátor s permanentními magnety je použit AXi 5345/18 Gold Line od firmy Model Motors s převodní konstantou 171 otáček na volt a maximální účinností 94 % [4][5]. Spalovací motor je tedy schopen vyvinout až cca 7000 otáček za minutu, což odpovídá přibližně 60 V na stejnosměrné straně (za následným usměrňovačem). Tato hodnota je zbytečně velká a je omezena regulací otáček spalovacího motoru na maximálně 30 V. Díky převodní konstantě generátoru, bylo z nejvyššího točivého momentu spalovacího motoru (při otáčkách odpovídajících zmíněným 30 V) vypočteno, že je možno získat proud až 30 A. Tato soustava svými parametry je tedy schopna dodat elektrický výkon až 900 W. Toho však nebude využito, neboť, je použit elektromotor se špičkovým výkonem okolo 500 W (viz dále). DC/DC měnič zapojený mezi výstupní usměrňovač generátoru a elektromotor je možno provozovat ve zvyšujícím (Step-up) a snižujícím (Step-down) režimu. Napájení pro tento měnič bylo původně plánováno z baterie o napětí 24 V, proto se uvažuje napájecí napětí maximálně 30 V (viz výše), kdy nedojde k poškození, či zničení měniče [2]. Příkon měniče může být tedy zmíněných 900 W a výstupní napětí pro elektromotor je možno plynule regulovat v rozsahu 0-70 V. Stejnoseměrný elektromotor typu RN120- 2NFB od firmy Heinzmann je umístěn v náboji předního kola. Štítkový jmenovitý výkon elektromotoru je sice pouze 250 W, ovšem to odpovídá otáčkám při svorkovém napětí 24 V. Při zmíněném zvyšování napětí nad 24 V lze výkon zvyšovat (v našem případě až na cca 500 W), aniž by docházelo k proudovému přetěžování. Maximální moment, který je schopen tento motor vyvinout je až 54 Nm, a to díky integrované planetové převodovce. Účinnost elektromotoru při plném výkonu je 79 % [1]. Všechny důležité parametry jsou shrnuty v Tab.1.



Obrázek 2: Blokové schéma celkového řízení pohonu kola

<i>Spalovací motor Subaru Robin EH035 se synchronním generátorem s PM AXi 5345/18 Gold Line</i>	
Max. výkon	1,18 kW při 7000 ot/min
Obsah válce	33,5 cm ³
Max. točivý moment	1,76 Nm
Převodní konstanta	171 otáček na volt
<i>DC/DC měnič</i>	
Max. vstupní napětí	30 V
Výstupní napětí	0 - 70 V
Příkon měniče	900 W
<i>Stejnoseměrný elektromotor typu RN120- 2NFB</i>	
Jmenovité napětí	24 V
Max. moment	54 Nm
Účinnost	79 %

Tabulka 1: Parametry celého pohonného systému

4. SYSTÉM ŘÍZENÍ

Řídicí struktura systému je na Obr. 2. Poloha plynové rukojeti zadává požadovaný moment kola (elektromotoru) podle aktuálních otáček (z předvolené charakteristiky). Informace o aktuálních otáčkách se získává snímáním napětí elektromotoru. Otáčky a moment po vynásobení udávají požadovaný elektrický výkon, který je nutno dodat. V následujícím kroku je z charakteristiky pro tento požadovaný elektrický výkon zvolena hodnota otáček spalovacího motoru, které je nutno nastavit, aby měl spalovací motor při tomto výkonu maximální možnou účinnost. Požadované otáčky spalovacího motoru pak jsou udržovány pomocí zpětnovazební regulační smyčky. Díky regulačním přechodným dějům by mohlo dojít ke vzniku přepětí generátoru, což by poškodilo měnič či elektromotor. Z těchto důvodů jsou použity ochranné prvky pro odpojení elektropohonu od zdroje energie, když dojde k těmto stavům.

5. KONSTRUKČNÍ USPOŘÁDÁNÍ

Výhodou použitého konceptu je, že ho lze aplikovat na téměř jakékoliv jízdní kolo bez nutnosti zásahů do rámu, či jiných zásadních konstrukčních změn. Umístění na kole je libovolné, dle prostoru a praktičnosti. V našem případě byl pro umístění celého systému zvolen prostor uprostřed rámu kola.



Obrázek 3: Uložení elektromotoru v náboji předního kola



Obrázek 4: Uložení spalovacího motoru s generátorem uprostřed rámu kola

6. ZÁVĚR

Motorové kolo se spalovacím motorem a elektrickým přenosem výkonu je zajímavou alternativou k běžným elektrokolům. Oproti nim vyniká menšími nároky na údržbu a delší životností (absence akumulátoru), podstatně vyšším dojezdem a možností rychlého obnovení zásoby energie. Výrobek by mohl představovat také demonstrační a motivační prvek pro studenty nebo uchazeče o studium regulovaných elektrických pohonů.

REFERENCE

- [1] NĚMEC, Petr. *Trakční pohon elektrokola s motorem Heinzmann*. Brno, 2008. Diplomová práce. FEKT VUT v Brně.
- [2] PRUDÍK, Martin. *Trakční měnič pro motorové kolo se stejnosměrným motorem*. Brno, 2011. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.
- [3] VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel. *Soudní inženýrství*. Brno: CERM, 2004, roč. 15, č. 4, s. 212-224. DOI: 1211-443X. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-04-212-224.pdf>
- [4] *SERVICE MANUAL EH025/EH035 ENGINE* [online]. USA: Inc. Robin America, 2003 [cit. 2014-11-28]. ISBN PUB-ES1740.
- [5] DOUBLE AXI 5345/18 HD GOLD LINE. MODEL MOTORS. *Model motors: modelářské elektromotory AXI, MiniAC, VM* [online]. 2006 [cit. 2014-11-28].