

Laboratorní experimenty s vodíkovými motory

16.10.2023 - Jiří Vávra, Michal Takáts | Fakulta strojní ČVUT v Praze

Od 70. let minulého století probíhal v laboratořích tehdejší katedry automobilů a spalovacích motorů na Strojní fakultě ČVUT, předchůdci dnešního Centra vozidel udržitelné mobility Fakulty strojní ČVUT v Praze, výzkum využití alternativních paliv pro pozemní dopravu.

Poptávka po využití alternativních paliv tehdy byla vyvolána tzv. „velkou ropnou krizí“. Od té doby průběžně probíhají výzkumné a vývojové činnosti zaměřené na využití nekonvenčních paliv ve spalovacích motorech. Významná část aktivit byla zaměřena na výzkum a optimalizace pohonů na zemní plyn. Nynější poptávka po alternativních palivech a pohonech je vyvolána nutností zmírnění dopadů klimatických změn a požadavkem na eliminaci emisí lokálních škodlivin.

Jako perspektivní se jeví využití vodíku, v ideálním případě pocházejícím z obnovitelných zdrojů. Jedním ze základních aspektů aktivit Centra vozidel udržitelné mobility Fakulty strojní ČVUT v Praze, je pragmatické respektování technologické neutrality. Za tím účelem se výzkumné a edukační aktivity soustředí na možnost využití vodíku jako paliva pro pístové spalovací motory a nově pro využití ve vodíkových palivových článcích. V rámci laboratorní výuky studenti provádějí kromě měření na spalovacích motorech též testování vodíkového palivového článku a jeho příslušenství.

Laboratoř se průběžně vybavuje infrastrukturou pro zásobování testovaných objektů vodíkem při jejich experimentálním výzkumu. Součástí infrastruktury je elektrolyzátor používaný pro vlastní výrobu vodíku, a to i v kvalitě vhodné pro použití v palivovém článku. Funkcionality elektrolytické výroby vodíku jsou také předmětem demonstrace pro studenty.

Palivový článek

Počátečním projektem inovace rozsáhlého laboratorního zázemí bylo vybudování facilit pro testování pohonu s vodíkovým palivovým článkem a jeho příslušenstvím. Elektrický generátor H2CleanGen s vodíkovým palivovým článkem s protonově propustnou membránou s výkonem 3 kW a bateriovým úložištěm o kapacitě 9 kWh dodala česká firma LeanCAT. Systém byl v roce 2022 oživen a integrován do laboratoře. V rámci podpůrných projektů byly vytvořeny podklady pro jeho využití při laboratorních cvičeních posluchačů předmětů v českém i mezinárodním studijním programu. Úvodní laboratorní úloha byla zkušebně aplikována v rámci výuky v zimě 2022. Úloha studenty seznamuje s principem vodíkového palivového článku, neboť vzhledem k novosti tohoto odvětví se u studentů nepředpokládá předchozí znalost vodíkových technologií. Na cvičení se studenti seznámí s konkrétní aplikací palivového článku v elektrickém generátoru, se systémem měření a obousměrnou výměnou dat mezi systémem generátoru a měřicím PC přes rozhraní OPC UA. Úloha spočívá v popisu procesu rozběhu, vykrytí spotřeby elektrické energie vestavěnou baterií a postupného zatěžování článku elektrickou zátěží s řízením výstupního proudu a ohřevem článku na provozní teplotu. Vzhledem ke klimatickým podmínkám v laboratoři v zimním období se studenti seznámili i s praktickými aspekty vlivu nízkých teplot na parametry článku a vlivu kondenzace vody ve vnitřních částech článku na měřitelné parametry. Výsledkem bylo zajímavé porovnání naměřených dat v daných klimatických podmínkách s výchozí voltampérovou charakteristikou palivového článku, jak ji prezentuje výrobce v komerční dokumentaci.

Experimentální vodíkové motory

Ve spolupráci s firmami Škoda Auto a.s. a Tatra Trucks, a.s., Centrum provozuje dva experimentální jednoválcové vodíkové motory. První odpovídá válcové jednotce motoru osobního a lehkého užitkového vozidla a druhý reprezentuje válcovou jednotku z motoru pro nákladní automobil. V současnosti na obou probíhá výzkum spalování velmi chudých směsí vodíku a vzduchu. Z měření jsou získávány praktické charakteristiky spalování a energetických a emisních vlastností motoru. Výsledky jsou využívány pro matematické simulace a modelové extrapolace.

Modulární systém pro výrobu a skladování vodíku

Doposud jedinou možností, jak získat vodík pro experimenty s vodíkovými pohonnými jednotkami, byl nákup od dodavatelů technických plynů. Doprava a manipulace velkého množství tlakových lahví je časově náročný a nákladný proces. Manipulace s tlakovými lahvemi také představuje bezpečnostní riziko. Cílem dalšího projektu bylo postupné vybavení a kompletování vodíkové infrastruktury v laboratoři Centra udržitelné mobility s možností vlastní výroby vodíku.

Nejdůležitějším prvkem je elektrolyzátor pro výrobu čistého vodíku. Technický vývoj v této oblasti přinesl dostupnou technologii alkalického membránového elektrolyzátoru s relativně nízkými náklady při dostatečném množství a výstupním tlaku až 35 bar, který snižuje nároky na další stlačování plynu pro jeho skladování.

Výsledkem projektu je systém umožňující kontinuální, zabezpečený a bezobslužný provoz výroby elektrolytického vodíku pro potřeby univerzitní laboratoře. Modularita zvoleného řešení umožňuje další rozšiřování výrobní kapacity – aktuální je 2 Nm³ vodíku za hodinu, což odpovídá výrobě cca 4 kg vodíku za 24 hodin.

V přípravě je projekt na úložiště cca 18 kg vodíku při tlaku 200 bar. Na tuto hodnotu se bude vodík stlačovat pomocí tlakového násobiče, nhaném stlačeným vzduchem z rozvodu laboratoře.

Provádění experimentů na reálných komponentách vodíkových pohonů umožňuje získávání vlastních poznatků, které lze konfrontovat s informacemi získávanými dříve pouze z rešerší veřejně dostupných zdrojů. Bylo například experimentálně zjištěno, že účinnost elektrického generátoru s palivovým článkem ve stavu, jak byl optimalizován dodavatelem a v reálných provozních podmínkách, je srovnatelná s generátorem poháněným spalovacím motorem.

Hlavním cílem zavedení demonstrací vodíkových pohonů, vodíkových technologií obecně a měření jejich charakteristických vlastností do studijních programů Fakulty strojní ČVUT v Praze je přizpůsobení obsahu výuky dopadům rozhodnutí EU na vývoj dopravní infrastruktury a souvisejících průmyslových aktivit. Zároveň se tak zvyšuje atraktivita studijního oboru.

<https://www.fs.cvut.cz/aktuality/2396-212/laboratorni-experimenty-s-vodikovymi-motory>