

Vylepšená vrtulová vodní turbína

Elektrická energie z vodních zdrojů je ověřeným zdrojem bezemisní elektrické energie. Vodní energie bezesporu patří mezi šetrné energetické zdroje a její využívání je zcela v souladu s celosvětovým trendem využívání obnovitelných zdrojů. V rámci projektu TA ČR byl úspěšně uveden do provozu prototyp vrtulové turbíny s proměnnými otáčkami, širokým regulačním rozsahem a vysokou účinností.

Projekt TH04010140 „Inovativní návrh kompaktního soustrojí Kaplanovy mikro-turbíny“ je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci programu EPSILON.

Pokrok v oblasti vývoje generátorů s permanentními magnety (PMG – Permanent Magnet Generator) a v oblasti frekvenčních měničů umožňuje nové koncepce nízkospádových axiálních vodních turbín s proměnnými provozními otáčkami a pevnými lopatkami oběžného kola. S využitím silných prostředků numerického modelování CFD (Computational Fluid Dynamics) ve spojení s efektivními optimalizačními nástroji lze překonat klasický koncept Kaplanovy turbíny s radiálním rozváděčem a získat mnoho provozních výhod.

Evropská energetika prochází výraznou proměnou vlivem dlouhodobého akcentu na využití obnovitelných zdrojů. Malé vodní elektrárny (MVE) a mikroelektrárny jsou důležitým článkem v celé této oblasti. Ve srovnání se solárními zdroji mají podstatně vyšší využitelnost instalovaného výkonu a stálost dodávky výkonu do sítě. Zároveň se významně podílejí na snížení distribučních ztrát při přenosu elektrické energie. Velká část malých vodních elektráren v ČR má zastaralou technologii, nezřídka to představují cca sto let staré Francisovy vodní turbíny, které vyžadují náročnou repasi. Stávající technická řešení s nutností nákladných stavebních úprav znemožňují jejich efektivní rekonstrukci.

V rámci projektu TA ČR „Inovativní návrh kompaktního soustrojí Kaplanovy mikro-turbíny“ ve spolupráci Fakulty stavební ČVUT a Fakulty strojního inženýrství UJEP (Ing. Martin Kantor, Ph.D.) s firmou Elzaco s.r.o. (Ing. Roman Kubíček) jsme navrhli zcela nový koncept soustrojí spočívající ve významném zjedno-

dušení strojní části turbíny se současným zlepšením účinnostních charakteristik. Nové typy PMG umožňují vynechat problematický převod mezi generátorem a turbínou, čímž jsou výrazně sníženy vibrace a hluk. PMG generátor s vysokým krouticím momentem při nízkých otáčkách je v porovnání s běžnými asynchronními generátory podstatně menší, má vyšší účinnost a ztráty na převodu zcela odpadají. Provozní otáčky turbíny jsou regulovány pomocí čtyřkvadrantního frekvenčního měniče s rekuperační jednotkou a výstupním EMC filtrem. V návrhu je dále zahrnuto využití zbytkového tepla vodou chlazeného generátoru (případně i frekvenčního měniče) pro temperování strojovny MVE a přilehlého objektu. Dalším zásadním zjednodušením strojní části je oběžné kolo s pevnými lopatkami – tím odpadá hydraulické ovládání servomotoru, které je rizikové i z hlediska možné kontaminace vody hydraulickým olejem.

V rámci projektu byla navržena a nainstalována kompletní sestava prototypu. Turbínové soustrojí má regulovatelný radiální rozváděč, který nahrazuje provozní uzávěr. PMG je přímo napojený na hřídel turbíny a frekvenční měnič umožňuje nastavení požadovaných provozních otáček v závislosti na aktuálním spádu a otevření rozváděče.

Prototyp prokázal výhodnou konstrukční jednoduchost koncepce s pevnými lopatkami oběžného kola. To je vlastním „srdcem“ vodní turbíny, a proto bylo tvaru lopatek věnováno maximální úsilí. V rámci projektu byl navržen „work flow“ tvarové optimalizace celého soustrojí

vyvíjené turbíny. Nejdůležitější částí je poloautomatický MOGA (Multi-Objectives Genetic Algorithm) optimalizační „engine“ parametricky zadaného tvaru lopatek oběžného kola, který umožňuje efektivně navrhnout optimální řešení podle zadaných kritérií. Těmito jsou v praxi zpravidla vážená účinnost ve vazbě na regulační rozsah a dále kavitační odolnost. S využitím PARETO grafů je pro vybrané tvarové kandidáty následně provedeno detailní měření turbíny na virtuální zkušební pomocí CFD metod a výsledky jsou v prostředí Matlab automaticky zpracovány do modelových charakteristik s následným přepočtem na charakteristiky provozní.

Výsledný návrh axiální turbíny splňuje požadavek širokého regulačního rozsahu i při silně kolísajícím spádu se zohledněním kavitační odolnosti. Postup umožňuje efektivní „tailor made“ návrh tvaru lopatek pro požadovaný rozsah provozních parametrů. Turbína má v porovnání s klasickou Kaplanovou turbínou nižší specifické (a zároveň i provozní) otáčky, delší lopatky oběžného kola a tím je šetrná pro povodňovou migraci ryb. Do okolí vyzařuje nižší hluk a vibrace, a proto je vhodná i pro urbanizované oblasti. Koncept soustrojí je zacílen pro instalaci na MVE s rozsahem spádu 1,5–15 m, průtoků 0,5–10 m³/s, při výkonu cca 10–400 kW.

autoři: Eva Bílková, Jiří Souček
a Petr Nowak
foto: archiv autorů



Průhled na instalované soustrojí prototypu ze strojovny do turbínové kašny