

## Mehanski vzroki za okvare kolesnih motorjev

Matej Biček<sup>1,\*</sup> – Gorazd Gotovac<sup>1</sup> – Damijan Miljavec<sup>2</sup> – Samo Zupan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Elaphe Propulsion Technologies Slovenija

<sup>2</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Slovenija

<sup>3</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Izzivi sodobnih električnih vozil so tehnološko osveščeni javnosti že v precejšnji meri znani. Skalabilnost tehnologije je možna ob predpostavki, da je poskrbljeno za nizko cenovni energijski vir in s tem povezano infrastrukturo, ki končnemu odjemalcu omogoča nemoteno uporabo ob enakih ali nižjih stroških kot z obstoječimi vozili z motorji na notranje izgorevanje. Inicijativa Evropske Unije je v zadnjih letih usmerjena v povečanje deleža električnih vozil, ki znižujejo stopnjo emisij CO<sub>2</sub> in zmanjšujejo akustične emisije, ki posebej za večja mesta predstavljajo že aktualne probleme pri kakovosti življenja. Vzporedno z razvojem energijskih virov se vedno več podjetij in akademskih ustanov ukvarja z razvojem pogonskih arhitektur, ki bi izboljšale obstoječe energijske in prostorske izkoristke ob hkratnem zmanjševanju proizvodnih in vzdrževalnih stroškov.

Pogon na mestu kjer je ta potreben, z bistveno manjšim številom sestavnih komponent in neposrednim pogonom, omogočajo kolesni elektromotorji, ki v zadnjih letih pridobivajo priznavanje strokovne javnosti, s tem pa tudi narašča število objavljenih strokovnih prispevkov na temo razvoja konstrukcije kolesnih elektromotorjev. Ti večinoma omenjajo posamezne inkrementalne izboljšave konstrukcije elektromagnetno aktivnih sklopov motorja, medtem ko se optimizacija mehanske konstrukcije v strokovnih krogih zapostavlja, oz. ne prihaja do objav razvoja in raziskav na tem področju. Z namenom izdelave kompleksnega modela za optimizacijo mehanske konstrukcije je v prvem koraku potrebno popisati vse znane vzroke za potencialne mehanske okvare kolesnih elektromotorjev, jih znanstveno okarakterizirati in kasneje v skladu z omenjenim modelom optimirati.

Pričujoča študija vključuje celovit pregled mehanskih vzrokov za potencialne okvare kolesnih elektromotorjev, namenjenih za neposredni pogon vozil. Pri tem so bili strokovni prispevki, ki govorijo o posameznem mehanskem vzroku za okvaro, primerjani s sorodno literaturo in njenimi izsledki. V splošnem laična javnost povezuje kolesne elektromotorje s slabšo vozno dinamiko zaradi povečane mere nevzmetene mase in nezmožnost tesnjenja motorja z zunanjim rotorjem zaradi razmeroma velikega premera in hkrati zelenega nizkega zavornega navora. Poleg omenjenih mehanskih vzrokov za okvare so v prispevku analizirani tudi vplivi ekscentričnosti, povečanih vibracij in odpovedi ležaja.

Znanstveni doprinos dela je pregled in primerjava dosegljive literature iz omenjenega področja, praktični pa povezava omenjenih mehanskih vzrokov za okvare s statističnimi podatki glede okvar iz podobnih aplikacij in končna tabela, kjer so vse potencialne okvare definirane in okarakterizirane z vrednostjo stopnje resnosti, odkrivanja in ponovitve. S tem je opravljen prvi potreben korak za vso nadaljnjo optimizacijo kritičnih delov mehanske konstrukcije. V skladu z definiranimi stopnjami so bile za posamezno okvaro izračunane skupne ocene tveganosti za delovanje celotnega pogonskega sklopa, ki predstavlja edinstven vpogled na problematiko in hkrati objektivno oceno najbolj kritičnega mehanskega vzroka za okvare, ter hkratne ovirbe manj tveganih dejavnikov.

Pri pregledu obstoječe literature so izsledki različnih neodvisnih raziskav pokazali slabše vozne lastnosti pri povečani nevzmeteni masi za neopazne. Izzivi s tesnjenjem motorjev so glede na literaturo za dotično aplikacijo rešeni do stopnje IP68 in tako v nasprotju z laičnim prepričanjem ne dosegajo visoke stopnje tveganja oz. potencialne okvare sklopa motorja. Najvišjo stopnjo tveganja, glede na obstoječo literaturo, predstavljajo vibracije in s tem povezane akustične emisije, ter ekscentričnost elementov motorja, ki pri stohastičnih obremenitvah lahko prispevajo k zmanjšanim zmogljivostim motorja, saj imajo neposreden vpliv na deformacijo zračne reže med permanentnimi magneti na rotorju in statorskim navitjem, oz. na gostoto elektromagnetnega polja in s tem povezanim generiranim navorom.

**Ključne besede:** kolesni elektromotor, analiza potencialnih okvar in njihovih učinkov, povečana nevzmetena masa, povečane vibracije, ekscentričnost, odpoved ležaja