

# Vpliv kvazistacionarnih vetrnih obremenitev na utrujenostne poškodbe prenosnikov vetrnih turbin

Dong Xiang\* – Li Jiang – Mengxing You – Yinhua Shen

Univerza Tsinghua, Oddelek za strojništvo, Kitajska

Kvazistatičen veter se spreminja v času in prostoru ter močno vpliva na utrujenostno trajnostno dobo prenosnikov vetrnih turbin. Spoznanja o tem, kakšen in kolikšen je ta vpliv, so zato zelo koristna – še posebej v fazi konstrukcije prenosnikov.

Prispevek preučuje problem računanja utrujenostnih poškodb prenosnikov v razmerah kvazistatičnih vetrnih obremenitev. Kvazistatično vetrno polje je opisano s srednjo hitrostjo vetra in z intenziteto turbulenc in raziskan je vpliv obeh parametrov na utrujenostno trajnostno dobo prenosnika vetrne turbine. Najprej je bila za določitev dinamičnih sil ubiranja in vrtilne hitrosti vsakega zobnika uporabljena razklopljena metoda z globalno analizo vetrne turbine in dinamično analizo prenosnika. V drugem koraku so bile na osnovi dinamičnih obremenitev in parametrov SN zobnikov izračunane utrujenostne poškodbe vsakega zobnika z upogibanjem in jamičenjem. Iz rezultatov nato sledi analiza vpliva srednje hitrosti vetra in intenzitete turbulenc na utrujenostne poškodbe prenosnikov.

Utrujenostne poškodbe prenosnika vetrne turbine so analizirane v treh korakih. Prvi korak je globalna analiza, kjer je vhodni parameter kvazistacionarno vetrno polje ter se izračunajo vhodni in izhodni parametri prenosnika. Drugi korak je analiza sistema za prenos moči, momenti in hitrosti iz globalne analize pa so uporabljeni v dinamičnem modelu ADAMS za določitev dinamičnih obremenitev in hitrosti vsakega zobnika. Tretji korak je analiza utrujenostnih poškodb. Dinamične obremenitve se najprej pretvorijo v skupine napetosti po metodi porazdelitve trajanja obremenitev (LDD), nato pa se iz skupin in parametrov SN zobnika po hipotezi linearnih poškodb Palgren-Miner izračunajo utrujenostne poškodbe.

- 1) Krožnični zobnik v 1. in 2. stopnji ter pastorek v 3. stopnji so najbolj izpostavljeni upogibnim utrujenostnim poškodbam, sončno kolo v 1. in 2. stopnji ter pastorek v 3. stopnji pa jamičenju.
- 2) Utrujenostne poškodbe so praktično konstantne pri srednjih hitrostih vetra nad 14 m/s ter pri intenziteti turbulenc nad 14 %, ko je srednja hitrost vetra večja od nazivne. Z drugimi besedami – vetrne obremenitve ne povzročajo dodatnih utrujenostnih poškodb.
- 3) Ko se povprečna hitrost vetra poveča nad 13 m/s, so utrujenostne poškodbe zaradi stacionarnega vetra večje od poškodb zaradi turbulenc.
- 4) Pastorek v 3. stopnji je najbolj občutljiv na spremenljive vetrne obremenitve.
- 5) Občutljivost zobnikov na hitrost vetra v zvezi z utrujenostnimi poškodbami ni odvisna od intenzitete turbulenc, vršna vrednost pa je dosežena, ko je srednja hitrost vetra enaka nazivni ali pa je zelo nizka (pod 7 m/s).

V dinamičnem modelu prenosnika je vključena samo rotacijska prostostna stopnja, za podrobnejšo analizo pa bi bilo treba uvesti še translacijo v smereh  $x$  in  $y$ . V globalni analizi prav tako ni upoštevano vrtenje ohišja vetrne turbine okrog navpične osi (smer vetra se spreminja v območju od  $-5$  do  $5^\circ$ ). Za realnejši globalni odziv bi bilo treba modelirati vrtenje okrog navpične smeri pri večjih spremembah smeri vetra.

- 1) Identificirane so komponente v vseh stopnjah prenosnika, ki so najbolj izpostavljene utrujenostnim poškodbam z jamičenjem in upogibom. To spoznanje je uporabno pri odkrivanju vzrokov napak.
- 2) Identificiran je zobnik, ki je najbolj občutljiv na vetrne obremenitve in mu je zato treba posvetiti največ pozornosti pri projektiranju (npr. za večjo zanesljivost).
- 3) Identificirane so točke, v katerih je občutljivost zobnikov na utrujenostne poškodbe zaradi hitrosti vetra in intenzitete turbulenc največja. Potrebno bi bilo zasnovati tudi sistem za krmiljenje nagiba lopatic, ki bi toleriral spremembe vetrnih obremenitev.

**Ključne besede:** kvazistatične vetrne obremenitve, utrujenostna trajnostna raba, prenosnik vetrne turbine, porazdelitev trajanja obremenitev (LDD), FAST, ADAMS