

Vetrne elektrarne na odprtem morju – z Enerpacovim sinhronim nivelirnim sistemom vedno navpične



Proizvajalec vetrnih elektrarn *BARD Engineering GmbH* iz Bremna je razvil edinstven koncept temeljenja svojih vetrnih turbin. Steber turbine temelji na podpornem križu, ki nad gladino vode miruje na treh podpornih stebrih. Za natančno in hitro izravnavanje podpornega križa v vodoravni položaj se uporablja sinhroni dvigni sistem *Enerpac*.

Leta 2003 ustanovljeno podjetje *BARD Engineering* gradi vetrne elektrarne in parke vetrnic na odprtem morju. Glede na svojo politiko poslovanja, biti neodvisen od različnih poddobjaviteljev, se je podjetje odločilo, da sestavne dele in vse, kar je potrebno za njihovo vgradnjo, razvijejo, izdelajo in sestavijo v lastnih obratih. Sem spada tudi *Wind Lift I*, ladja, ki je bila namensko zgrajena za montažo vetrnic na odprtem morju. Sedaj nastaja na Severnem morju, približno 100 km severozahodno od otoka Borkim, park vetrnic *BARD Offshore 1*. Park obsega 80 vetrnic vrste *BARD VM* kot tudi 5 MW naprave, ki so opremljene z dvojno napajanim asinhronskim generatorjem (angl. *Doubly-Fed Induction Generator – DFIG*).

Edinstven koncept temeljenja

Podjetje iz Bremna je razvilo poseben koncept temeljenja, ki so ga tudi pa-

tentirali – *BARD Tripile*. 90 m visoka vetrna turbina počiva na treh prav tako 90 m visokih temeljnih stebrih. Odvisno od lastnosti tal so ti s pomočjo posebne oblikovne konstrukcije zabiti 30 do 45 m globoko v morsko dno. Pri tem je njihov položaj natančno določen s satelitsko krmiljenim navigacijskim sistemom. Tudi višina stebrov nad gladino morja se avtomatično določa na 3 do 4 cm natančno. Ti trije stebri so nad vodno povr-

ršino med seboj povezani s križno konstrukcijo (cross piece), na kateri je pritrjen steber turbine. „Edinstveno pri našem temelju je to, da se ti deli kot tudi vse povezave nahajajo nad vodno gladino. V večini primerov je namreč stolp turbine pritrjen na temelj pod vodno gladino,“ razlaga Robert Ebert, namestnik vodje poslovanja podjetja *BARD Building GmbH & Co. KG*. „Odločili smo se, da bomo vsa montažna dela opravili nad vodno površino. To ima predvsem praktično vrednost, saj je pri gradnji potrebnih manj pota-

pljačev, razen tega nismo tako zelo odvisni od vremenskih razmer, vsa vzdrževalna dela pa lahko izvedemo bistveno hitreje in enostavneje.“

S pomočjo 700 barske hidravlike vedno pokončen kot sveča

Samo po sebi je umevno, da je potrebno podporni križ izravnati natančno horizontalno, da bo potem tudi steber vetrne turbine po montaži povsem navpičen. Rešitev tega problema je predlagal *Enerpac*: „Povezovalne prirobnice niso vedno ravne in gladke, zato se je zdelo nemogoče morebitna odstopanja prirobnic ročno korigirati na milimeter natančno. Zaradi tega smo iskali način, da bi 500 ton težko podporno konstrukcijo čim hitreje in natančno izravnali – rešitev smo našli v uporabi sinhrono krmiljenih hidravličnih valjev,“ pripoveduje Robert Ebert. Pri montaži podpornega križa so bili na vsakem stebru nameščeni trije valji, porazdeljeni v krogu, vsak z zmogljivostjo po 100 ton. Po temelju je to skupaj devet valjev s skupno dvžno maso 900 ton. Valji so bili krmiljeni s pomočjo računalnika sinhronnega dvignega sistema na krovu ladje *Wind Lift I*. Z njegovo pomočjo se je nato podporni križ natančno horizontalno izravnal dobresedno s pritiskom na



Edinstven koncept trostebrnega temeljenja – *BARD Tripile*



Enerpac je s svojim hidravličnim sinhronim dvžnim sistemom ponudil rešitev horizontalne izravnave podpornega križa



Pri montaži popornega križa so bili na vsak steber nameščeni trije valji zmogljivosti vsak po 100 ton, razporejeni po krogu

gumb. Podporni križ se je s pomočjo valjev dvignil za približno 20 mm in v nadaljevanju niveliral na 1 mm natančno. Nadzor izravnavanja je potekal s pomočjo geometrov in merilnikov nagiba. Kakor hitro je bil podporni križ natančno v horizontalni legi, je bil podporni steber zalit z betonom. Beton se je nasipal v 13 cm širok votel obročast prostor med steno 5 m visokega betonskega oplašča in podpornim stebrom. „Nič se

do valji reagirali na pogoste ekstremne vremenske razmere in na slano vodo. Zaradi tega se v prvih fazah testiranja zavestno nismo odločili za uporabo dragih specialnih valjev. Najprej smo želeli preveriti, ali je ta ideja v praksi sploh izvedljiva.“ BARD Engineering je razen v valje investirali tudi v dva krmilna modula za sinhroni dvžni sistem. Razen tega je bilo podjetje pooblaščen tudi za izvedbo šolanja osebja, ki je upravl-

ni varilo ali vijalo; vse sile prenaša betonski plašč,” pojasnjuje Ebert.

Standardni valji

Valji so ostali nameščeni na mestu tako dolgo, dokler beton ni popolnoma otdel, nakar so se ponovno uporabili pri naslednjem temelju. V tem času je BARD nadaljeval z gradnjo naslednjega temelja z drugimi valji. „Temelje smo želeli, kar se da hitro namestiti in izravnati, zaradi tega nismo mogli čakati 3 do 4 dni, da se je beton strdil,” razlaga Ebert. Za 50 vetrnih turbin je bilo tako potrebnih skupno 450 standardnih valjev, obremenjenih s tlakom 700 bar. „Pričakujemo, da bomo te valje lahko uporabili dvakrat,” pojasnjuje Ebert. „To se sicer ne zdi veliko, vendar ni 100-odstotno gotovo, kako bo-

jalo sinhroni dvžni sistem. Rezultati so odlični: „Na tem hidravličnem sistemu je lepo to, da deluje popolnoma avtomatično. Človeške napake, ki se pojavljajo pri ročnem niveliranju, npr. odprtje napačnega ventila valja, so s tem sistemom v celoti izključene,” je še pripomnil Robert Eber.

Testna turbina v Hooksielu

V kraju Hooksiel, v bližini mesta Wilhelmshafen, že od jeseni 2008 deluje testna vetrna turbina, ki je oddaljena od obale približno 400 m. Tu je bil prvič uporabljen patentirani temelj BARD Tripile, ki je bil namenjen razvit za rabo v morju. Ta priobalna instalacija (Nearshore) odgovarja 80 vetrnicam, nameščenih v BARD Offshore 1, parku vetrnic, in ima nazivno moč 5 MW. Glede na stanje plimovanja niha vodna gladina na tem mestu med 2 in maksimalno 8 metri, stebri sistema BARD Tripile pa so bili zabiti 44 m globoko pod morsko dno. Za zabijanje teh pilotov se je uporabljala največja tovrstna naprava na svetu. Povezava vetrnice z električnim omrežjem je izvedena preko 20-kV kabla.

Nekaj podatkov o testni turbini v Hooksielu:

- masa rotorja: 180 ton
- masa strojnice: 280 ton
- masa stolpa: dva dela s po 130 oz. 160 ton
- masa temeljnih stebrov: 400 ton
- masa podpornega križa: 500 ton
- višina temeljnih stebrov: 90 m
- višina stebra turbine: 90 m
- premer rotorja: 122 m
- moč: 5 MW
- tip vetrne turbine: BARD VM

Vir: Enerpac BV P.O. Box 8097 6710 AB Ede, Nizozemska, tel: +31 318 535 803, gospa Irene Kremer, irene.kremer@enerpac.com

*Priredil:
Dr. Darko Lovrec, FS Maribor*