

Esimesed Eestis väljatöötatud väike-tuulegeneraatorid

Tuuleelektrijaamade osakaal elektrienergia tootmisel on viimasel aastakümnel suurenenud kogu maailmas, eriti kiiresti aga Euroopas. Kuna ühest küljest fossiilsete kütuste varud kiiresti vähenevad ja teisest küljest nende kasutamine aina süvenevaid keskkonnasaaste probleeme tekitab, pakub järjest suuremat huvi taastuvate energiaallikate kasutamine. Hüdروenergia hõlpsamini kasutatav osa ongi juba elektrienergia tootmiseks rakendatud. Nüüd on energeetikas üha kasvavama tähelepanu all tuule- ja päikeseenergia laialdasem rakendamine.

Euroopa maades moodustas tuuleelektrit tootvate generaatorite koguvõimsus 2000. aasta lõpus 12 908 MW, 2004. aasta lõpus aga juba 34 200 MW. Euroopa suurimad tuuleelektri tootjad on Saksamaa (16 630 MW), Hispaania (8 263 MW) ja Taani (3 117 MW), kus tuulegeneraatorite abil toodetud elektrienergia moodustab vastavalt 7, 6,5 ja 20 % nende riikide elektrienergia tarbimisest. Ka teistes Euroopa maades on arengukavad üpris ambitsioonikad – aastal 2010 peaks olema talitlevate tuulegeneraatorite koguvõimsus juba 75 GW ja aastal 2020 koguni 180 GW.

Eestiski on tuuleenergeetika viimasel ajal kiiresti arenema hakanud. Pärast Pakri (18,4 MW) ja Rõuste (8 MW) tuulepargi valmimist on Eestis ülesseatud tuulegeneraatorite võimsus ligi 33 MW ja tuulejaamade toodang katab umbes 1,7 % praegu Eestis tarbitavast elektrienergiast. Lisaks sellele on käivitumas konkreetsed ehituskavad veel 170 MW ulatuses, millele võib mõttes lisada ligi 200 MW ideetaseme projekte. Eesti energeetika arengukava kohaselt peaks aastal 2010 taastuvelektri osakaal elektrienergia kogu lõpptarbimisest moodustama 5,1 %.

Peamine osa kogu maailma tuuleelektrist toodetakse võimsate, megavatiklassi kuuluvate tuulegeneraatorite abil. Sellised tuulejaamad on keerukad ja kallid, nõuavad tugevaid võrguühendusi ja, kuna nende võrku antav võimsus võib suurtes piirides kiiresti muutuda, tuleb võrgus ette näha piisav reservvõimsus. Samas on küllaltki sageli otstarbekas kasutada kohalikeks vajadusteks väiksemaid tuulegeneraatoreid võimsusega 0,2 ... 30 kW, harvem ka kuni 150 ... 200 kW. Neid saaks rakendada näiteks üksikute saarte, talude või elektrivõrgust sõltumatute üksikobjektide (ilmavaatluspunktide jms.) elektritoiteks.

Jaan Järvik ▲
Tehnikakandidaat,
Tallinna Tehnikaülikooli
elektrotehnika aluste
ja elektrimasinate
instituudi professor



Aleksander Kiik ►
Tehnikakandidaat,
sama instituudi lektor



Viktor Kesküla
Tehnikakandidaat,
sama instituudi
vanemteadur



Aivar Reivik
Tehnikamagister,
AS Volta juhatuse
esimees



Arvo Oorn
Tehnikakandidaat,
AS Volta nõukogu
esimees



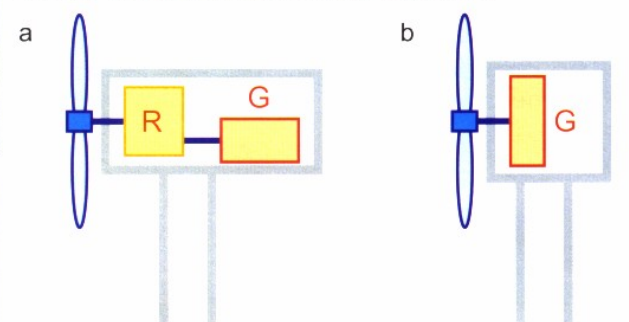
Sellepärast on kogu maailmas tekkinud üha kasvav huvi väikese võimsusega tuulegeneraatorite vastu. Euroopa Liidus on käimas uuringuprojekt väiketuulikute vajaduse ja turumahu täpsustamiseks ning sellealase arendusprogrammi kavandamiseks. Ka Eestis on paljud väikeettevõtted ja üksikisikud tundnud huvi selliste tuuleagregaatide hankimise ja kasutamise vastu.

AS Volta omab pikaajalisi kogemusi väga mitmesuguste elektrimasinate tootmisel ja on valmis Eesti vajadusteks ning ekspordiks tuulegeneraatoreid tootma. Tallinna Tehnikaülikooli elektrotehnika aluste ja elektrimasinate instituut omakorda on tegeleenud aegade jooksul paljude väga mitmesuguste elektromehaanikaseadmete uurimise ja väljatöötamisega. Nüüd otsustasid mõlemad pooled oma jõud ühendada, et uudseid tuulegeneraatoreid välja töötada ja tootma hakata. Rahaliselt toetab seda ühisprojekti Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus.

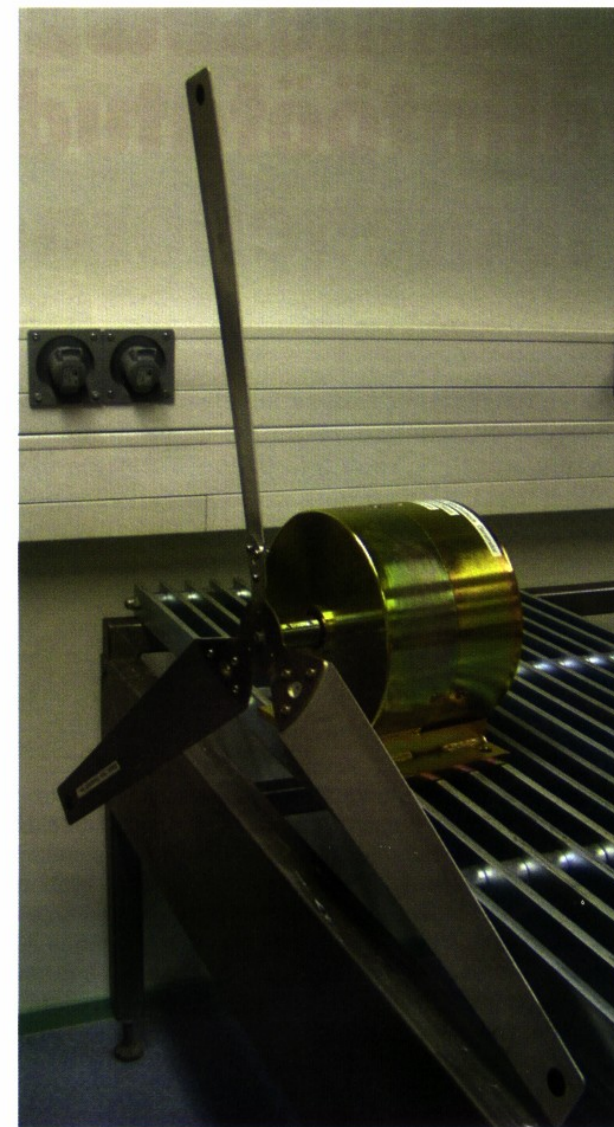
Et väljatöötavad tuulegeneraatorid oleksid võimalikult hooldusvabad, ühtlasi aga ka heade energeetiliste näitajatega, pika elueaga ja stabiilsete omadustega, otsustati neis rakendada püsimumagnetgeneraatoritega sünkroongeneraatoreid. Kuna sellistel generaatoritel ei ole pöörlevaid harikontakte, on nende töökindlus ja kasutegur kõrged. Kasutatavad neodüümmagnetid tagavad generaatori suhteliselt suure ühikvõimsuse.

Võimsate elektrituulikute tiivikud pöörlevad kiirusega 15...40 p/min. Kuna aga generaatorite nimikiirus on enamasti 1000...1500 p/min, peab tiiviku ja generaatori vahel paiknema mitmeastmeline reduktor (joonis 1,a). See suurendab oluliselt agregaadid kaalu, nõuab palju lisahooldust ja vähendab töökindlust.

Redukti saab ära jätta, kui kasutada aeglasekäigulist paljupooluselist generaatorit (joonis 1,b). Pooluste suure arv tõttu on sellise generaatori läbimõõt pikkusega võrreldes suhteliselt suur. Mõned firmad on sellist ideed rakendanud tuulikute võimsusel isegi kuni 4,5 MW, kusjuures generaatori läbimõõt on kuni 10 m. See tekitab generaatori ehituses hulgaliselt tehnilisi probleeme, näiteks ühtlase õhupilu ja piisava jäikuse tagamisel.



Joonis 1. Elektrituuliku kinemaatilisi skeme. a reduktori kasutamisel tiiviku ja generaatori vahel, b vahetult tiivikuga ühendatud generaatori korral; G generaator, R reduktor



Joonis 2. Väike-tuulegeneraator (võimsusega 400 W) laborikatsetustel

Selline otsegeneraator on aga väga sobiv väikese võimsusega tuulegeneraatorite korral. Väiksema võimsusega ning väiksema läbimõõduga tiivikud pöörlevad tunduvalt kiiremini ja selle tõttu on generaatori vajalik pooluste arv väiksem kui suurte tuulikute korral. Näiteks generaatori nimivõimsuse korral 30 kW on tiiviku ja seega ka generaatori nimipöörlemiskiirus 80...100 p/min, nimivõimsuse 5 kW korral aga 200...220 p/min. Võimsuse 200...500 W korral on kiirus veelgi suurem, 350...500 p/min (joonis 2).

Püsimumagnetgeneraatori konstrueerimisel tuleb lahendada ka mitmeid erilaadseid tehnilisi küsimusi. Üheks probleemiks on näiteks induktori magnetpooluste ja ankrumaste vaheliste tõmbejõudude teatud sõltuvus induktori pöördenurgast ankrude suhtes. Selle tõttu tekib induktori pöörlemisel hüplik pidurdav moment, nagu seda võib

märgata ka näiteks jalgrattadünamo juures. See aga nõuab tuule suuremat algset kiirust, mille juures tiivik suudab generaatori pöörlema panna.

Lahendusena otsustasid TTÜ uurijad kasutada ankrul kahekihilist murdmähist, mis jaotab magnetilised tõmbejõud ankrude ümbermõõdul ühtlasemalt ja vähendab tunduvalt magnetilise pidurdusmomenti ebaühtlust. Valides otstarbekalt ankrude uurete ja poolusepaaride arvu suhte, saadakse sümmeetriline mitme kordusega mähis. See lubab kasutada sümmeetriliste mähiseosade nii jada- kui ka rööpühendusi ja muuta vastavalt vajadusele astmeliselt generaatori väljundpinget.

Optimaalse konstruktsiooniga püsimumagnetgeneraatori korral tuleb saavutada võimalikult kõrged energeetilised näitajad massiühiku kohta. Sellega kaasneb suhteliselt suur voolutihedus mähistes ja aktiivosade kõrgem temperatuur. Liiasi on induktori pöörlemiskiirus ja seega ka masina siseõhu ringlemiskiirus madalam ning jahutustingimused halvemad. Et tagada generaatori pikaajaline tõrgeteta töö, kasutatakse kuumuskindlat F-klassi isolatsioonit. Jahutuse intensiivistamiseks on induktor varustatud spetsiaalsete ventileerivate elementidega.

AS Volta poolt valmistatud katsemasinate eksperimentaalse uurimise käigus määrati nende parameetrid ning võeti üles tühijooksu- ja koormustunusjooned ja aktiivosade temperatuurijaotus. Katsete tulemused olid projektarvutuse lähteandmetega heas kooskõlas, erinevused pingete ja voolude osas ei ületanud 1...3 %. Sealjuures katsetati realselt esinevaid olukordi, kus väikese või mõõduka võimsusega sünkroongeneraatoreid kasutatakse aktiivkoormusel (kütmiseks, vee soojendamiseks) või alaldikoormusel (akude laadimiseks ja/või võrgusagedusliku vahelduvpinge saamiseks vaheldi abil).

Püsimumagnetsünkroongeneraatori väljundpinge on seda kõrgem, mida suurem on tuule kiirus ja vastavalt ka tiiviku ning induktori pöörlemiskiirus. Pinge alaldamisel tuleb tagada konstantne alalispinge toidetaval akul või vaheldi sisendil. Kui aga kasutada generaatorit hoone kütmiseks või vee soojendamiseks, pole pinge konstantsus eriti tähtis. Mida tugevam tuul, seda rohkem saadakse generaatorist võimsust ja seda soojem on koetav tuba. Aga kui tuul on tugevam, ongi tavaliselt vaja rohkem kütta.

TTÜ uurimisgrupi ja AS Volta koostöös on astunud esimesed sammud, et hakata Eestis tootma väikese võimsusega igamehe-tuulegeneraatoreid. Eesmärgiks on pakkuda püsimumagnetgeneraatori ostjale edaspidi terviklahendust koos sobiva tiiviku, masti, ühenduskaablite ja vajalike pooljuhtseadmetega. Pole kaugel aeg, mil mõneski Eestimaa külas võib näha pöörlemas Eestis toodetud väike-elektrituuliku.