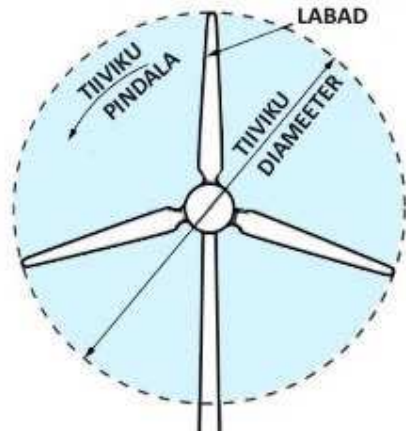


Tuuleenergia



Väikeste elektrituulikute iseloomustamisel kasutatav nominaalvõimsus on nõu kommerss parameeter ja seega on soovitatav elektrituuliku võimsus alati üle arvutada enne ostuotsuse tegemist.

Rusikareegel väikeste elektrituulikute puhul on, et

1m² tiiviku pindala = maksimaalne võimsus 200W

Tiiviku pindala = 3,14*(tiiviku diameeter / 2)²

Näide: Võrdleme kahte 1kW nominaalvõimsusega elektrituulikut:

- Tuuleturbiin 1 - nominaalvõimsus saavutatakse tuule kiirusega 11m/s ja tiiviku diameeter on 2,2m (pindala 3,8 m²)
- Tuuleturbiin 2 - nominaalvõimsus saavutatakse tuule kiirusega 9m/s ja tiiviku diameeter on 3m (pindala 7,07 m²)

Arvutades elektrituulikute nominaalvõimsused eelpool toodud rusikareegli järgi saame tulemuseks:

- Tuuleturbiin 1 - tiiviku pindala 3,8 m² * 200W = 760W / 1000 = 0,76 kW
- Tuuleturbiin 2 - tiiviku pindala 7,07 m² * 200W = 1414W / 1000 = 1,41 kW

Uskumatu küll, aga "Tuuleturbiin 2" on tegelikult ligi poole võimsam, kuigi tehnilistes andmetes on mõlema elektrituulikute võimsuseks märgitud 1kW.

Elektrituuliku võimsus ja selle arvutamine

Tuule võimsuse arvutamisel võetakse tuule kiirus astmel kolm (V^3). Sellest järeldub, et nõrga tuulega (1-3 m/s) on tuuleturbiin võimsus väga väike (n $3,5^3=42$, aga $2^3 =$ ainult 8). Nõrga tuulega ei saavuta elektrituulik ka akude laadimiseks vajalikku pinget ja seega võrdub tootlikkus nulliga. Kõige parem, kui elektrituulik alustab pöörlemist alates tuule kiirusel 3 - 3,5 m/s, nii ei kulutata rootori laagreid kasutult.

Tiiviku labade arv ei muuda otseselt elektrituulikute võimsust, vaid toimib kui käigukast - mida rohkem labasid, seda suurem jõud ja väiksem pöörlemiskiirus. Kõige levinumad on kolme labaga tiivikud ja seda nii väikeste kui ka suurte elektrituulikute puhul.

Kui tiivik on generaatori suhtes väikese pindalaga, siis jääb tootlikkus madalaks. Kui tiiviku pindala on liiga suur, siis ei suuda väike elektrituulik tormituultega tiivikut ballastkoormuse abil piisavalt pidurdada ja tuuleturbiin võib seetõttu puruneda.

Elektrituulikute võimsuse arvutamiseks erinevatel tuulekiirustel saab kasutada järgnevat valemit:

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 C_p$$

Antud valemis on **P** elektrituuliku võimsus vattides (W), **ρ** õhu tihedus normaaltingimustel ($\rho = 1.226 \text{ kg/m}^3$), **A** tiiviku pindala (m^2), **V** tuule kiirus (m/s) ja **C_p** kasutegur.

Näide: Kasutades valemit $P = \frac{1}{2} \rho A V^3 C_p$ arvutame üle esimeses alalõigus toodud nõ rusikareegli, kus 1 m^2 tiiviku pindala = maksimaalne võimsus 200W olukorras kus tuule kiirus on 10m/s ning generaatori kasutegur 33%:

$$1.226 \text{ kg/m}^3 / 2 * 1 \text{ m}^2 * (10 * 10 * 10 \text{ m/s}) * 33\% = \mathbf{202W}$$

Nüüd samade lähteandmetega arvutus tuule kiirusel **12m/s**:

$$0,613 * 1 * 12^3 * 0,33 = \mathbf{350W}$$

Tuule kiirusel **3,5m/s** on tulemus **8,7W** ja tuule kiirusel **2m/s** saame tulemuseks **1,6W**.

Kasutegur

Kasuteguri **C_p** väärtus on piiratud "Betz'i limiidiga", mis on 59% ($C_p = 0,59$). Betz'i seadus tõestab, et teoreetiliselt on kuni 59% tuule kineetilisest energiast võimalik muundada kasulikuks pöörlemiseks. Praktikas tuleb aga arvestada igasugu muude kaasnevate kadudega - labade aerodünaamikast tulenevad kaod, elektritootmise kaod, turbulents.

Isevalmistatud - ja vertikaalteljelistel (VAWT) elektrituulikudel jääb maksimaalvõimsuse **C_p** väärtus vahemikku 0,05 - 0,2. Kvaliteetsetel väikestel generaatoritel on maksimaalvõimsuse **C_p** 0,2 kuni 0,35. Suurtel elektrituulikudel on **C_p** keskmise tuulekiiruse juures 6-9 m/s optimeeritud maksimaalseks, ulatudes umbes 0,48 - 0,5-ni, suurematel ja väiksematel kiirustel aga jääb 0,3 ringi.

Elektrituulikute tootlikkuse arvutamine

Võttes aluseks tuuliku paigalduskohas aasta keskmise tuule kiiruse, ei saa kasutada valemit $W = \frac{1}{2} \rho A V^3 C_p$ **aastase toodangu** arvutamisel, sest nõnda ei arvestata tuule sagedusjaotusega.

Tulemuseks saaksime tegelikkusest oluliselt väiksema aastase toodangu. Õige oleks arvutada aastane toodang peamistel tuule kiirustel (3 kuni 15 m/s) eraldi, korrutada see ajaga, et mitu tundi aastas on vastavat tuulekiirust esinenud ja saadud tulemused summeerida.

Kui puuduvad tuule kiiruste esinemise ajalised andmed aasta lõikes, on võimalus ligikaudsete arvutuste tegemiseks kasutada **Rayleigh jaotust**, mis on kaheparameetrilise **Weibull'i jaotuse** erijuhtum. Kogu Põhja-Euroopa ulatuses on tuultele avatud kohtades Rayleigh jaotuse keskmiseks väärtuseks **2**.

Elektrituuliku aastase toodangu arvutamise valem arvestades Rayleigh jaotust on järgnev:

$$\mathbf{Wh\ aastas = \frac{1}{2}\rho * A * V^3 * C_p * 8760 * Rayleigh\ jaotuse\ v\ae r t u s}$$

$$\frac{1}{2}\rho = \text{\u00f6hu tihedus } 1.226 \text{ kg/m}^3 / 2 = 0,613$$

$$A = \text{tiiviku pindala ehk } 3,14 * (\text{tiiviku diameeter} / 2)^2$$

$$V^3 = \text{piirkonna keskmine tuule kiirus astmel kolm}$$

$$C_p = \text{elektrituuliku kasutegur}$$

$$8760 = \text{on tundide arv aastas}$$

$$\text{Rayleigh jaotuse v\ae r t u s} = 2 \text{ (P\u00f5hja-Euroopa keskmine tuultele avatud kohtades)}$$

$$\mathbf{Wh\ aastas} = \text{vatt-tundi aastas. Jagades vastuse arvuga 1000, saame tulemuseks kWh aastas.}$$