

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA  
INNOVATSIYA VAZIRLIGI  
ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT  
TEXNIKA UNIVERSITETI

SHAMOL ENERGETIKASI

PULATOVA D.M., SHOG’O’CHQOROV S.Q.

*Toshkent davlat texnika unversiteti Kengashi tomonidan o’quv  
qo’llanma sifatida tavsiya etilgan*



Toshkent-2023

Pulatova D.M., Shog‘o‘chqorov S.Q. Shamol energetikasi, amaliy mashg‘ulot uchun O‘quv qo‘llanma. Tashkent TDTU, 2023. 205 b.

O‘quv qo‘llanmada shamol energetikasi bo‘yicha nazariy ma‘lumotlar, amaliy va tajriba ishlari yoritib berilgan, hamda shamol energetik xisob kitoblar to‘liq ko‘rsatilgan, berilgan dasturga muvofiq, chet el amaliyoti o‘rganilgan.

O‘quv qo‘llanma oliy o‘quv yurtlarining 60711000 “Muqobil energiya manbalari” (Quyosh va shamol energetikasi), 6071100 “Muqobil energiya manbalari” (Vodorod energetikasi) ta‘lim yo‘nalishi hamda magistratura mutaxassisliklari va unga turdosh bo‘lgan boshqa ta‘lim yo‘nalishlari talabalari, elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash masalalari bilan shug‘ullanuvchi yosh mutaxassislar uchun ham foydali hisoblanadi.

В учебном пособии приведены теоретические материалы, практические и экспериментальные работы по ветроэнергетике, также проведены ветроэнергетические расчеты, изучена зарубежная практика в соответствии с программой данного курса.

Данное учебное пособие разработано для студентов по направлению обучения 60711000 – Альтернативные источники энергии (Солнечная и ветровая энергетика), 60711000 – Альтернативные источники энергии (водород энергетика) также будет полезен для студентов, обучающихся в сфере образования и магистратуры и других смежных специальностей, а также для молодых специалистов, занимающихся вопросами производства, передачи и распределения электроэнергии.

Taqrizchilr:

Sobirov Yu.B.– Materialshunoslik instituti  
katta ilmiy xodimi, texnika fanlari doktori.  
Yuldoshev I.A.- ToshDTU, texnika fanlari  
doktori, professor.

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2023

## KIRISH

Shamol energiyasi quyosh energiyasining bir turidir. Tuproqning, relyefning va atmosfera qatlamining notekis tarkibi tufayli Quyosh Yer yuzasini har xil intensivlikda isitadi. Quyosh tomonidan isitiladigan sirt issiqlikni uning ustida joylashgan havo massalariga o'tkazadi. Havoning zichligi uning haroratiga bog'liq bo'lganligi sababli, atmosfera bosimi har xil bo'lgan zonalar hosil bo'ladi.

Shamol elektr stansiyalari (keyingi o'rinlarda SHES) — shamol oqimining kinetik energiyasini elektr energiyaga aylantiruvchi qurilma hisoblanadi. SHESlar tarkibi shamol dvigateli, elektr toki generatori, generator va dvigatelning ishini boshqaruvchi avtomatik qurilma hamda ular o'rnatiladigan inshootlardan tashkil topadi. U xalq orasida shamol parraklari yoki shamol tegirmoni deb ham yuritiladi. Ular foydalanish mumkin bo'lgan, qayta tiklanuvchi elektr manbai sanaladi. Odamlar bu turdagi energiyadan bir necha asrlar oldin, birinchi shamol tegirmonlari paydo bo'lganda foydalanishni boshladilar, ular suv yoki er osti donini pompalamoqda. "Shamol energiyasi" atamasi havo massalari (shamol) harakati boshqa energiya turlariga aylanadigan energiya sifatida belgilanishi mumkin. Shamol elektr stansiyalarining (ShES) konstruksiyalari xilma-xilligi bilan ajralib turadi. parraklar, ko'taruvchi, vorteks tebranishlari va boshqalardagi momentlar farqi asosida ishlaydigan qurilmalar mavjud. Dunyodagi eng keng tarqalgan dizaynlar gorizontal o'qli va vertikal o'qli shamol turbinalari bo'lib, ular ushbu qo'llanmada muhokama qilinadi.

Shamoldan samarador elektr energiyasi olish uchun uning o'rtacha yillik tezligi sekundiga 7 metrdan yuqori bo'lishi kerak. Zarur bo'lgan hollarda undan hosil bo'lgan quvvatlar akkumulyatorda to'planadi va ularni tarmoqqa uzatsa bo'ladi.

O'zbekistonda shamol energiyasidan foydalanishning texnik potentsiali 100-500 milliard kVt·soatgacha yetadi. Lekin shamol energiyasi quyoshga nisbatan doimiy mavjud bo'lishi undan foydalanishda afzallikni oshiradi. Bugungi kunda O'zbekistonning 12 ta viloyati va Qoraqalpog'iston Respublikasida elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi stansiyalar mavjud. Xususan, 11 ta davlat issiqlik elektr stansiyalari va markazlari, 49 ta gidroelektr stansiyalar (shundan 5 tasi mikro-GES) hamda Davlat-xususiy sherikligi tamoyillari asosidagi 5 ta issiqlik elektr stansiyasi va 2 ta quyosh fotoelektr stansiyasi mavjud. Shu bilan birga, butun Yer bo'ylab kuchli atmosfera shamoli esadi, buning natijasida ekvatorga eng yaqin qismga - Shimoliy va Janubiy qutblarga yaqin qismga nisbatan ma'lum bir isish sodir bo'ladi.

Albatta, yonilg'i yoki elektr energiyasini almashtirishi mumkin bo'lgan noan'anaviy usullar bilan yaratilishi mumkin bo'lgan ko'plab vositalar mavjud. Lekin ular orasidan ekologik toza, foydalanishda samarali va ayni paytda moliyaviy nuqtai nazardan tejankorlikni tanlash muhimdir. Shu nuqtai nazardan, shamol energiyasi bir qator afzalliklarga ega.

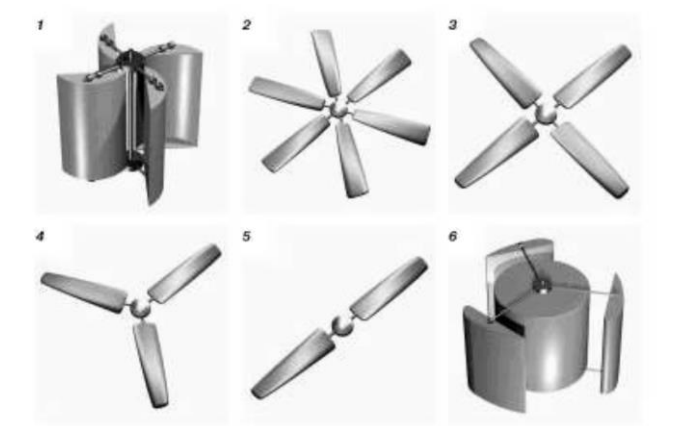
## **1. SHAMOL ENERGETIK QURILMALARINING TURLARI**

Asinxron generator bo'lgan ushbu shamol stansiyalari o'zlarining energiya resurslariga bo'lgan ehtiyojni kamaytirmoqchi bo'lgan kichik korxonalar, fermer xo'jaliklari va ishlab chiqaruvchilarga kerak.

Shamol turbinalari mavsumiy ish bilan shug'ullanadigan odamlar (geologlar, asalarichilar, ovchilar va chorvadorlar) elektr energiyasiga talab yuqori bo'lgan joylarda ham qo'llanilishi mumkin.

Shamol elektr stansiyalari (keyingi o'rinlarda shamol turbinalari deb yuritiladi) dastlab Eronda (VII asr), keyinroq Yevropa mamlakatlarida ayniqsa Gollandiyada ishlab chiqilgan. SHEQ, shuningdek, turli maqsadlarda ishlatilgan: botqoqni drenajlash, neft qazib olish, qog'oz ishlab chiqarish va yog'ochga ishlov berish . Shamol turbinalari bug 'dvigatellari paydo bo'lishidan oldin sanoatni egallab oldi, keyin esa ularning rivojlanishi sekinlashdi.

Agar 19-asrda shamol turbinalarining rivojlanishiga nazar tashlaydigan bo'lsak, unda o'sha paytda ular uchun tafsilotlarning yo'qligi, ishlab chiqarilgan elektr energiyasining narxi asosiy ishlab chiqarish resurslaridan ikki baravar qimmat bo'lganligi ularning rivojlanishiga to'sqinlik qildi.

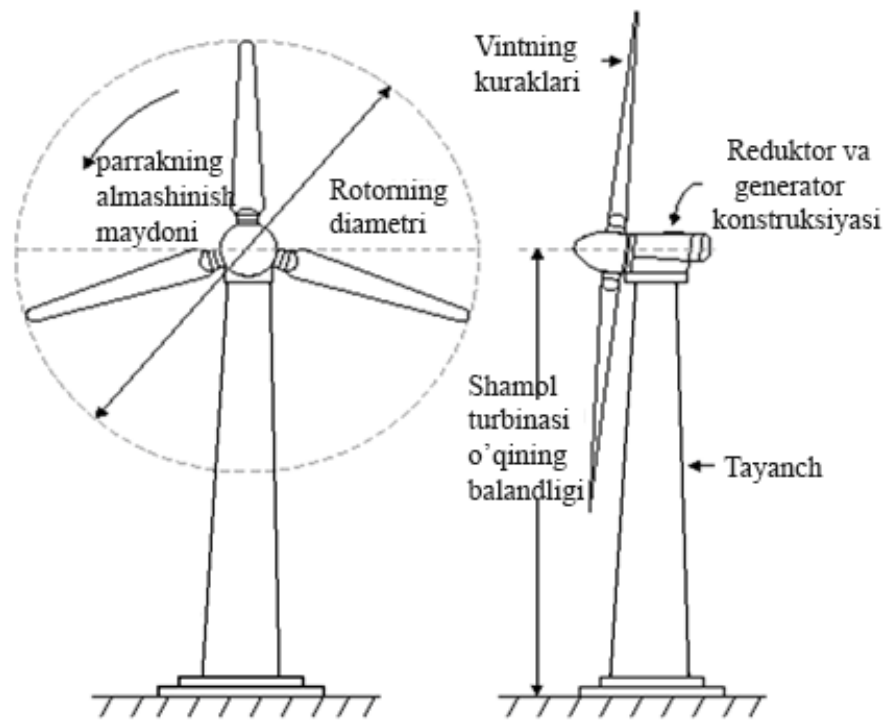


**1.1-rasm.** Shamol turbinalarining turlari:

1 - gorizontal aylanish o'qi bilan; 2 - vertikal aylanish o'qi bilan.

O'zbekistonda shamol turbinalarini rivojlantirish yo'lidagi asosiy to'siq – mavjud havo oqimlarining zaifligi va elektr energiyasining jahon bozoriga nisbatan arzonligidir.

- Shamol turbinasi rotorining diametrini oshirish ularda yuzaga keladigan aerodinamik shovqin va tebranishlarni kamaytiradi. Shamol oqimi zaif bo'lgan hududlarda elektr energiyasini shamol turbinasi vites qutisi yordamida yoki sekin aylanadigan ko'p qutbli generatorlar yordamida olish mumkin;
- Shamol turbinasida chastota konvertori (chastota konvertori) bilan asinxron generatorlardan foydalanish ularni o'zgaruvchan shamol tezligida ishlatishga imkon beradi;
- Shamol turbinalarini yaratish qo'shimcha ish o'rinlarini yaratadi;
- Shamol turbinalarini boshqa TEDlar (an'anaviy elektr qurilmalar) bilan birgalikda ishlatish ES (elektr ta'minoti) ishonchliligini oshiradi;
- ShEQ ekologik toza.



1. 2-rasm. Gorizonttal o'qli shamol energetik qurilmasi

## **O'zbekistonda muqobil energiya manbalaridan foydalanish imkoniyatlari**

Dunyoda energiya resurslariga talab va narxlarning ortib borishi energiyani tejash va qayta tiklanadigan muqobil energiya manbalarini rivojlantirish masalasini ko'tarmoqda. Keyingi yillarda mamlakatimiz Prezidenti va hukumatimiz tomonidan mazkur sohani rivojlantirishga qaratilgan qator huquqiy hujjatlar qabul qilindi. Ushbu yechimlarni amalga oshirish sanoat uchun ustuvor vazifa bo'lishi kerak. Avvalo, respublikada qayta tiklanadigan energiya manbalarini topish va ulardan samarali foydalanish bilan elektroenergetikani rivojlantirish imkoniyatlarini o'rganish zarur.

Ayni paytda respublikada muqobil energiya manbalaridan quyosh energiyasidan foydalanishga katta e'tibor qaratilib, sezilarli yutuqlarga

erishilmoqda. Shuning uchun biz shamol va suv oqimlaridan foydalangan holda elektr energiyasini olish muammolari va ularni hal qilish istiqbollarini tahlil qilamiz.

Masalaning boshqa tomoni ham bor: shamol energiyasini amaliyotga tatbiq etishda ayrim muammolar mavjud. Xususan, shamol tabiatining beqarorligi shamol elektr stansiyalarida energiyaning ritmik ishlab chiqarilishiga ta'sir qiladi. Shuni inobatga olgan holda, ushbu elektr stansiyalariga quyosh panellarini o'rnatish mumkin. Shunday qilib, noan'anaviy elektr energiyasi saqlanadi va uzluksiz ta'minotga erishiladi. Shuningdek, shaharlar yaqinidagi yirik va zich joylashgan shamol inshootlari ulardagi tabiiy havo almashinuvini buzishi mumkin. Bundan tashqari, ular yaratgan mexanik va aerodinamik o'zaro ta'sirlar odamlarning aqliy faoliyatiga xalaqit berishi mumkin. Bundan tashqari, ushbu stantsiyalar ish paytida past chastotali tebranishlarni chiqaradi. Ushbu tebranishlar yaqin atrofdagi binolarning devorlari va derazalarining o'ziga xos kuchini uzatadi.

Qurilma ishga tushirilishi bilan sanoat shamol salohiyatidan foydalangan holda elektr energiyasini sanoat ishlab chiqarishning yangi usulini o'zlashtira boshlaydi. Yil davomida janubi-g'arbdan kuchli shamol ( $\geq 15$  m/s) esadi. G'arb va janubi-g'arbdan 20 m/s va undan yuqori shamol kuchi kuzatildi.

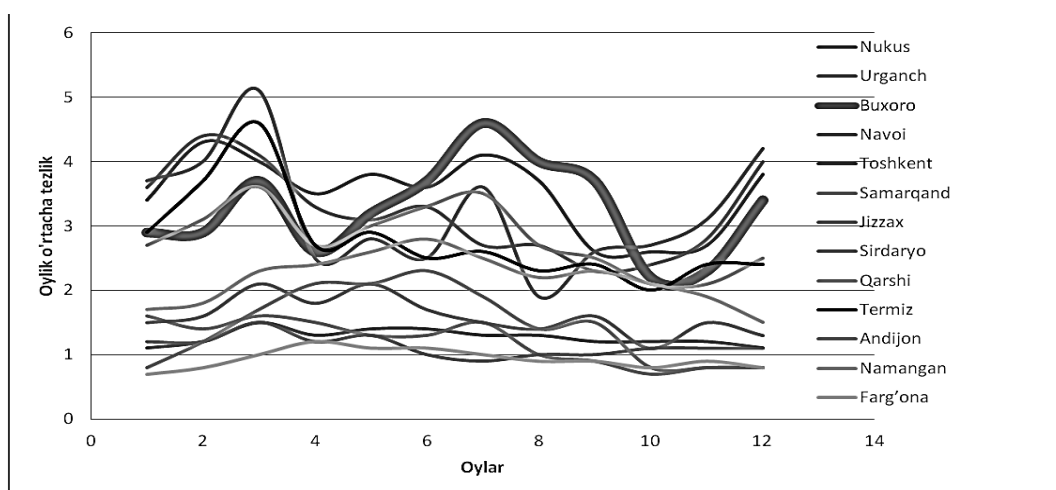
Kechasi shamol tezligining kunlik yo'nalishi kuchayadi. Qish oylarida (yanvar) tebranish amplitudasi 0,5 m/s, bahorda biroz ortadi va yozda (iyul) 14 m/s.



## Shamolning asosiy xususiyatlari

Shamol tezligi - havo massalarining gorizontal yo'nalishda harakatlanish tezligi.

Shamolning davomiyligi - havo massalarining har qanday muayyan yo'nalishda harakatlanish vaqti. Misol uchun, biz ba'zi momaqaldirroqlar faqat bir necha daqiqa davom etishi mumkinligini ta'kidlaymiz, ertalabki-kechki shabada - bir necha soat; mavsumiy harorat o'zgarishi natijasida yuzaga keladigan mavsumiy shamollar, oylar davomida esadi; tomonidan yuzaga kelgan savdo shamollari (global shamollar). turli kengliklarda harorat farqi, ular doimo puflaydi.



1. 3- rasm. O'zbekistonda shamolning o'rtacha oylik tezligi (m/s)

Shamolning kuchi shamol tezligini va uning yerdagi ob'ektlarga yoki ochiq dengizdagi to'lqinlarga ta'sirini har tomonlama baholaydigan qiymatdir. Shamol kuchini ballarda baholash uchun shkala mavjud. Mashtabning tafsilotlari va uning parametrlari bilan bu yerda tanishish mumkin.

Shamol yo'nalishi - shamol esadigan ufq qismining tomonini ko'rsatadigan parametr. Parametr kompas tomonidan aniqlanadi. Shamol yo'nalishi janubiy, janubi-g'arbiy, shimoli-sharqiy, sharqiy va boshqalar bo'lishi mumkin.

Shamol shamollari - shamol tezligi va yo'nalishi bo'yicha ma'lum bir hududdagi o'rtacha qiymatlardan qisqa muddatli yoki sezilarli og'ishlar.

Shamol chastotasi - ma'lum bir joyda (yil, fasl, oy) ma'lum bir joyda hukmronlik qiladigan shamol yo'nalishi. Erdagi turli yo'nalishdagi shamollarning aylanish tezligini o'rganish uchun shamol guli deb ataladigan grafik tuziladi.

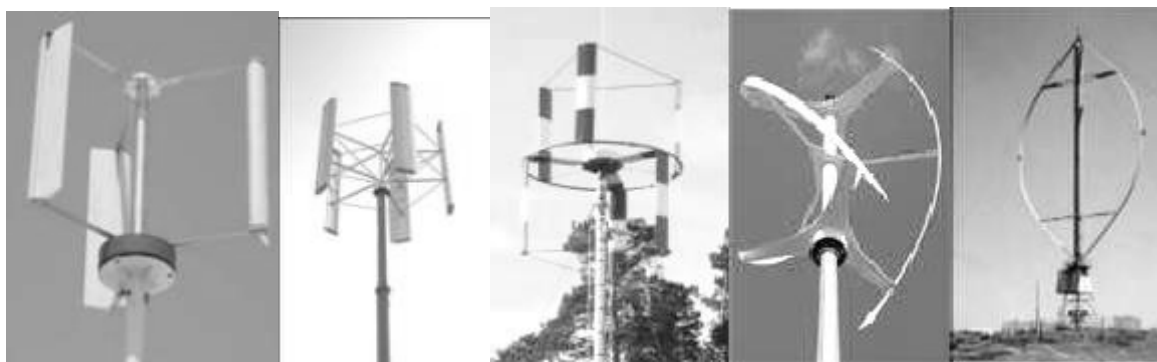
Shamol turbulenti - bu parametr havo massalarining umumiy oqimida turli o'lchamdagi ko'plab tasodifiy harakatlanuvchi vorteks va oqimlarni tavsiflaydi. Bu hodisa havoning qo'shni qatlamlarida shamol tezligining farqi tufayli yuzaga keladi. Shunday qilib, bu girdoblar va oqimlar tomonidan olib boriladigan havoning alohida miqdori, shuningdek, turbulenti elementlari deb ataladi, barcha yo'nalishlarda, shu jumladan o'rtacha shamol yo'nalishiga perpendikulyar va hatto unga qarshi harakat qiladi. Shunday qilib, shamolning ma'lum bir yo'nalishi bo'yicha va hatto unga qarshi havoning umumiy tashishida.

Gorizontal o'qlini o'rnatish - aylanish o'qi gorizontal va er tekisligiga parallel bo'lgan (er yuzasining ma'lum bir nuqtasida tangensial), shuningdek vektoriga to'g'ri keladigan qanotli rotorli shamol energetikasi inshooti. kelayotgan shamol oqimi (1.4-rasm).



**1.4-rasm.** Gorizonttal o'qli shamol turbinalari

Vertikal o'qlini o'rnatish - aylanish o'qi er tekisligiga perpendikulyar (er yuzasining ma'lum bir nuqtasida tangensial) va kelayotgan shamol oqimining vektoriga perpendikulyar bo'lgan qanotli rotorli shamol energetikasi inshooti (1.5-rasm).

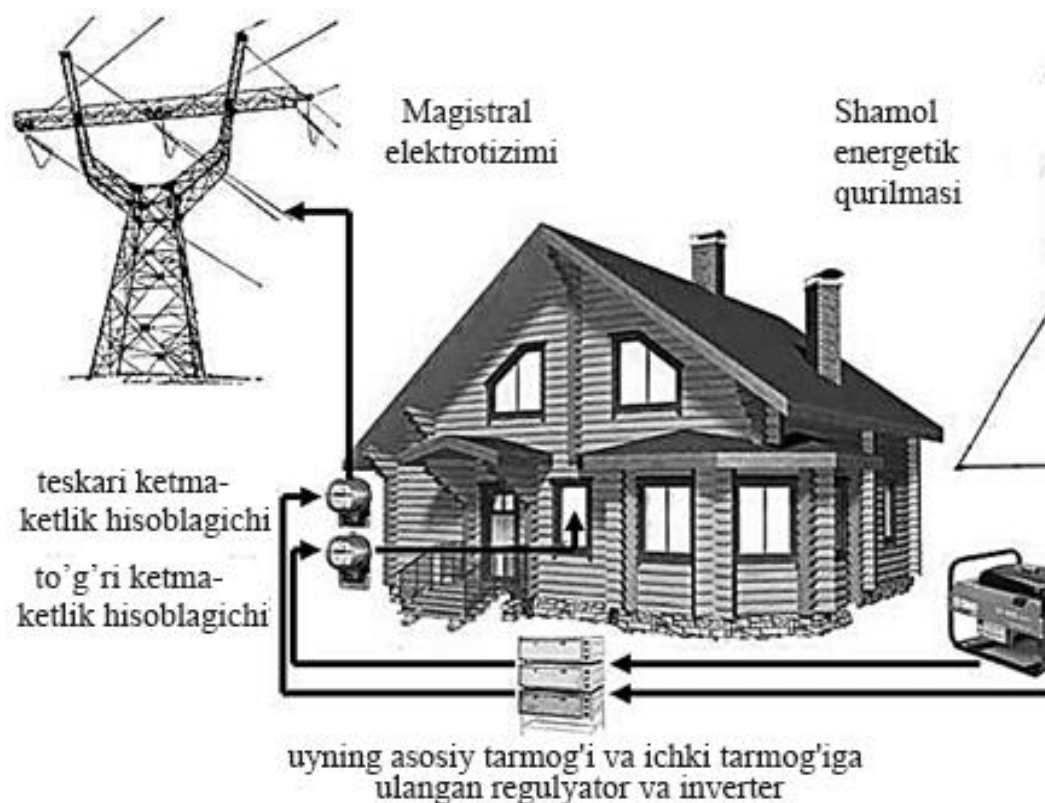


**1.5-rasm.** Vertikal o'qli shamol turbinalari

Generatorning elektr energiyasiga aylantiradigan elektromexanik qurilma bo'lib, keyinchalik uni iste'mol qilish uchun qulay shaklga (DC yoki AC kuchlanish) aylantiradi. Shamol turbinasining ishlash printsiipi quyidagicha. Rotor parraklariga ta'sir qiluvchi shamol bosim tufayli ko'tarish kuchini va natijada rotorni aylantiruvchi momentni hosil qiladi,

generator milini harakatga keltiradi. Generator o'rashining burilishlarining magnit maydonda aylanishi tufayli shamol tezligiga qarab, faza, chastota va amplituda o'zgaruvchan bo'lgan elektr toki paydo bo'ladi. O'zgaruvchan chastotali o'zgaruvchan tok kuchlanishini doimiy chastotali o'zgaruvchan tok kuchlanishiga yoki to'g'ridan-to'g'ri oqim kuchlanishiga aylantirish quvvat regulyatori yordamida amalga oshiriladi. Agar kerak bo'lsa, to'g'ridan-to'g'ri oqim kuchlanishidan, ma'lum bir chastotaning o'zgaruvchan tok kuchlanishiga aylantirish inverter tomonidan amalga oshiriladi.

Tarmoq va avtonom sxemalarda qo'llaniladigan aerodinamik komponentlar va elektr jihozlarning parametrlarini hisoblash printsipli odatda bir xil, quvvat boshqaruvchilari va / yoki invertorlarning yakuniy chiqishi bundan mustasno. Avtonom quvvat manbai bilan inverterni chiqishi doimiy chastotali (220V / 50Hz yoki 110V / 50Hz) standart o'zgaruvchan kuchlanish bo'lib, agar xohlasa, asosiy tarmoq bilan faza, chastota va amplituda sinxronlashtirilishi mumkin. O'rnatishning tarmoqqa ulanishi bilan quvvat boshqaruvchisining chiqishi tegishli konvertor yordamida to'g'ridan-to'g'ri tarmoqqa ulanadi.



**1.6-rasm.** Avtonom va tarmoq iste'molchisining energiya iste'moli sxemasi

Yuqoridagi masalalarda soddalashtirilgan chiziqli nazariya qo'llaniladi, bunda kelayotgan shamol oqimi laminar, havo siqilmaydi va tarkibiy qismlarning deformatsiyasi yo'q. Bu chegara shartlari.

Talabaning vazifasi – shamol elektr stansiyasining asosiy konfiguratsiyadagi tarkibiy qismlarining parametrlarini (parraklar, rotor, generator, quvvat regulyatori, inverter, qayta zaryadlanuvchi batareyalar) va har bir komponentning parametrlarini hisoblashni o'rganish. Bundan tashqari, o'rganilayotgan ob'ektning quvvati va iste'moli qanday hisoblanganligini tushunish, iqtisodiy hisob-kitoblarni amalga oshirish, murakkab muammolarni hal qilish va tegishli xulosa va xulosalar chiqarish kerak.

Hisoblash ketma-ketligi:

- 1) avtonom ob'ektning eng yuqori quvvatini va o'ziga xos

energiya iste'molini hisoblash;

2) shamol elektr stansiyasining nominal quvvatini aniqlash;

3) shamol turbinasi rotorining parametrlarini hisoblash. Shamol turbinasining rotor qanotlari sonini, kesim yuzasi o'lchamini va o'rnatish burchagini hisoblash;

4) generatorni hisoblash;

5) quvvat boshqaruvchisi turini tanlash va parametrlarni hisoblash;

6) inverter turini tanlash va parametrlarni hisoblash;

7) batareya quvvatini hisoblash;

8) iqtisodiy hisob;

9) birlashtirilgan vazifalar;

## **AVTONOM QUVVAT SARFI PARAMETRLARI**

### **Topshiriq 1.1 Maksimal quvvat va iste'mol qilinadigan energiyani hisoblash**

Sanoat energiyasi iste'molchisining cho'qqisini aniqlash qiyin emas, chunki har bir uskunaning quvvati va jadvali dastlab ma'lum. Xususiyligi energiya iste'molchisining iste'mol qilish jadvalini va eng yuqori quvvatini hisoblash energiya iste'moli jadvalining oldindan aytib bo'lmaydiganligi sababli u yoki bu ehtimollik yoki bashorat bilan amalga oshirilishi mumkin. Shu munosabat bilan muammo har doim tegishli taxminlar va taxminlar bilan individual hal qilinadi.

## Hisoblash usuli

### 1. Maksimal quvvatni hisoblash.

Foydalanish yo'riqnomasiga muvofiq, o'rganilayotgan ob'ektda ishlatilishi mumkin bo'lgan har bir qurilma  $P_i(Vt)$  quvvatini aniqlang va uni jadvalga kiriting. Tegishli tahminlar bilan kunning turli vaqtlarida qurilmani yoqishning oddiy ehtimolini aniqlang va buni ertalab, tushdan keyin, kechqurun va tunda bir lahzali quvvat sarfini kamaytirgan holda jadvalga kiriting. Bir lahzali quvvat  $P_i$  ustunlarining ma'lumotlarini qo'shing va kunning ma'lum bir vaqtida - ertalab, tushdan keyin, kechqurun, tunda ( $P_y, P_d, P_{in}, P_n$ )  $P_P$  maksimal quvvat sarfini oling. Misol 2.1-jadvalda keltirilgan. Keyinchalik bu ma'lumotlar inverter  $P_i$  nominal quvvatini hisoblash uchun ishlatiladi.

$$P_i > \text{MAX} (P_y, P_d, P_{in}, P_n) Vt. \quad (1.1)$$

Amaliyotdan ma'lumki, kunning ma'lum bir vaqtida ob'ektlarning katta qismining haqiqiy maksimal quvvati ob'ektda joylashgan qurilmalarning barcha quvvatlarining yig'indisidan kamroq bo'ladi, chunki, qoida tariqasida, barcha elektr jihozlari bir vaqtning o'zida yoqilmagan. Biroq, ishlab chiquvchi tomonidan hisobga olinishi kerak bo'lgan istisnolar bo'lishi mumkin.

Hisob-kitoblarni amalga oshirayotganda, quvvat uchun "zaxira" yaratish va kelajakda energiya iste'molining ko'payishini bashorat qilish uchun kunning ma'lum bir vaqtida eng yuqori quvvatni rasmiy ravishda oshirishga ruxsat beriladi.

## 2. Iste'mol qilingan energiyani hisoblash.

Tegishli taxminlar bilan har bir qurilmaning kunning ma'lum bir vaqtida ishlash vaqtini aniqlang va ma'lumotlarni jadvalga kiriting. Har bir elektr moslamasi uchun "tong-kunduz-kech-tun" ustunlarining ma'lumotlarini qo'shing va natijada olingan qiymatni qurilmaning quvvatiga ko'paytiring, har bir qurilmaning kuniga energiya sarfini oling.  $E_{sut}$  barcha qurilmalarining energiya iste'moli yig'indisi ob'ekt tomonidan kuniga iste'mol qilinadigan energiya miqdori bo'ladi:

$$E_{cyT} = P_i \sum T_i Vt*ch \quad (1.2)$$

Ushbu ma'lumotlar keyinchalik shamol energetikasi qurilmasining nominal quvvatini va akkumulyator batareyalarini hisoblash uchun ishlatiladi.



### Jihozning quvvati va oniy quvvat sarfi

| Elektr asbob                           | O'rnatilgan quvvati, Vt | Quvvat sarfi $P_i$ , Bt |                         |                         |                         |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|  |                         | Tong                    | Kun                     | Kech                    | Tun                     |
| Televizor                              | 300                     | 300                     | 0                       | 300                     | 0                       |
| Videomagnitofon                        | 120                     | 0                       | 0                       | 120                     | 0                       |
| Kompyuter                              | 400                     | 0                       | 0                       | 400                     | 0                       |
| DVD-pleer                              | 120                     | 0                       | 0                       | 120                     | 0                       |
| Audiyo-pleer                           | 100                     | 100                     | 0                       | 100                     | 0                       |
| Idish yuvish mashinasi                 | 1500                    | 0                       | 0                       | 1500                    | 0                       |
| Kir yuvish mashinasi                   | 500                     | 0                       | 0                       | 500                     | 0                       |
| Elektroplita                           | 1500                    | 1500                    | 0                       | 1500                    | 0                       |
| Mekrotulqinli pech                     | 1500                    | 1500                    | 0                       | 0                       | 0                       |
| Plisos                                 | 1300                    | 0                       | 0                       | 1300                    | 0                       |
| Faks-apparat                           | 100                     | 100                     | 0                       | 0                       | 100                     |
| Cho'lg'amli lampa                      | 1000                    | 1000                    | 1000                    | 1000                    | 1000                    |
| Qandil                                 | 400                     | 400                     | 0                       | 400                     | 0                       |
| Sintezator                             | 100                     | 0                       | 0                       | 100                     | 0                       |
| Elektr choynak                         | 2000                    | 2000                    | 0                       | 2000                    | 0                       |
| Dazmol                                 | 1800                    | 0                       | 0                       | 1800                    | 0                       |
| Kofe qaynatgich                        | 300                     | 300                     | 0                       | 300                     | 0                       |
| Mikser                                 | 200                     | 0                       | 0                       | 200                     | 0                       |
| Toster                                 | 300                     | 300                     | 0                       | 0                       | 0                       |
| Fen                                    | 200                     | 0                       | 0                       | 200                     | 0                       |
| Telefon qurilmasi                      | 20                      | 20                      | 20                      | 20                      | 20                      |
| Signalizatsiya                         | 20                      | 0                       | 20                      | 0                       | 0                       |
| Boshqa qurilmalar                      | 1000                    | 1000                    | 1000                    | 1000                    | 1000                    |
| Isitish tizimi                         | 300                     | 300                     | 300                     | 300                     | 300                     |
| <b>Jami pik vaqt <math>P_p</math>:</b> | <b>15080</b>            | <b>8820</b>             | <b>2340</b>             | <b>13160</b>            | <b>2420</b>             |
|  |                         | <b><math>P_t</math></b> | <b><math>P_k</math></b> | <b><math>P_k</math></b> | <b><math>P_t</math></b> |

## Jihozlarning quvvat sarfi

| Elektr asbob           | O'rnatilgan quvvati, P (Vt) | Foydalanilgan vaqt T <sub>i</sub> , soat |             |             |            | Elekt energiyasini iste'mol qilish, Vt·soat |
|------------------------|-----------------------------|--|-------------|-------------|------------|---|
|                        |                             | Tong 1 soat                              | Kun 10 soat | Kech 4 soat | Tun 8 soat |   |
| Televizor              | 300                         | 0,5                                      | 0           | 2           | 0          | 750   |
| Videomagnitofon        | 120                         | 0  | 0           | 2           | 0          | 240   |
| Kompyuter              | 400                         | 0  | 0           | 1           | 0          | 400   |
| DVD-pleer              | 120                         | 0  | 0           | 1           | 0          | 120   |
| Audiyo-pleer           | 100                         | 1  | 0           | 1           | 0          | 200   |
| Idish yuvish mashinasi | 1500                        | 0  | 0           | 0,5         | 0          | 750   |
| Kir yuvish mashinasi   | 500                         | 0  | 0           | 1           | 0          | 500   |
| Elektroplita           | 1500                        | 0,3                                      | 0           | 0,5         | 0          | 1200  |
| Mekrotulqinli pech     | 1500                        | 0,2                                      | 0           | 0           | 0          | 300   |
| Plisos                 | 1300                        | 0  | 0           | 1           | 0          | 1300  |
| Faks-apparat           | 100                         | 0,1                                      | 0           | 0           | 0,1        | 20  |
| Cho'lg'amli lampa      | 1000                        | 1  | 0,5         | 3           | 1          | 5500  |
| Qandil                 | 400                         | 0,3                                      | 0           | 2           | 0          | 920   |
| Sintezator             | 100                         | 0  | 0           | 1           | 0          | 100   |
| Elektr choynak         | 2000                        | 0,1                                      | 0           | 0,2         | 0          | 600   |
| Dazmol                 | 1800                        | 0  | 0           | 0,5         | 0          | 900   |
| Kofe qaynatgich        | 300                         | 0,1                                      | 0           | 0,1         | 0          | 60  |
| Mikser                 | 200                         | 0  | 0           | 0,1         | 0          | 20  |
| Toster                 | 300                         | 0,2                                      | 0           | 0           | 0          | 60  |
| Fen                    | 200                         | 0  | 0           | 0,1         | 0          | 20  |
| Telefon qurilmasi      | 20                          | 6  | 6           | 6           | 6          | 480   |
| Signalizatsiya         | 20                          | 0  | 6           | 0           | 0          | 120   |
| Boshqa qurilmalar      | 1000                        | 0,5                                      | 0,5         | 0,5         | 0,5        | 2000  |
| Isitish tizimi         | 300                         | 2  | 2           | 2           | 2          | 2400  |
| Jami:                  | 15080                       | 13,3                                     | 16          | 26,5        | 10,6       | 18960                                       |

## Hisoblash misoli 1

### Dastlabki ma'lumotlar :

Foydalanish qo'llanmalariga muvofiq qurilmalarning kuchi.

### Toping:

Eng yuqori quvvat va ob'ektning o'rtacha kunlik energiya iste'moli.

### Yechim :

1. Muayyan ob'ektning eng yuqori quvvatini hisoblash.

Keling, har bir elektr jihozining holatini kunning tegishli davrida (ertalab, tushdan keyin, kechqurun, tunda) aniqlaylik. Buning uchun biz 1.1-jadvalga o'xshash ob'ektda mavjud bo'lgan qurilmalar jadvalini tuzamiz, bu elektr jihozlarning quvvatini va kunning har bir davrida bir lahzali quvvat sarfini ko'rsatadi. Foydalanilgan barcha qurilmalar quvvatlarining yig'indisi sifatida mos ravishda ertalab, tushdan keyin, kechqurun va tungi soatlarda elektr energiyasini iste'mol qilish cho'qqisini topamiz. Keling, eng yuqori quvvat tepaligini aniqlaymiz  $P_p$  . kunning har bir davri uchun (misol 1.1-jadvalda keltirilgan):

|       |               |     |
|-------|---------------|-----|
| tong: | $P_y = 8820$  | Vt; |
| kun:  | $P_d = 2340$  | Vt; |
| kech: | $P_b = 13160$ | Vt; |
| tun:  | $P_h = 2420$  | Vt; |

Kuniga maksimal maksimal quvvat  $P_{da} = 13160$  vatt. Keyin inverter quvvati  $P$  bo'lishi kerak

$$P_{va} > 13160 \text{ Vt}$$

$P_i = 15000 \text{ Vt} = 15 \text{ kVt}$  qabul qiling.

2. Keling, kun davomida energiya iste'molining barcha

davrlarining iste'mol qilingan energiyasini hisoblaylik, ya'ni. 24 soat. Buning uchun biz har bir elektr moslamasi uchun ertalab-kech-kech-kecha ustunlari ma'lumotlarini qo'shamiz va natijada olingan qiymatni qurilmaning kuchiga ko'paytiramiz, har bir qurilmaning kuniga energiya iste'molini hisoblagichning o'ng ustunida olamiz. stol. Olingan qiymatlar yig'indisini toping. Misol 2.2-jadvalda keltirilgan. Ob'ekt tomonidan kuniga iste'mol qilinadigan energiya miqdori jadvalning pastki o'ng katakchasida ko'rsatilgan:

$$E_{sut} = 18960 \text{ Vt}\cdot\text{s}.$$

Shamol turbinasining nominal (o'rnatilgan) quvvatini va batareya quvvatini keyingi hisoblashda ushbu qiymatga e'tibor qaratish lozim.

## **2. SHAMOL TURBINALARINING QUVVATINI ANIQLASH**

### **Topshiriq 2.1. Shamol turbinalarining nominal quvvatini aniqlash**

Ob'ektni avtonom energiya bilan ta'minlash uchun shamol turbinasining nominal quvvatini mintaqadagi o'rtacha shamol tezligini va ob'ektning energiya sarfini hisobga olgan holda aniqlang.

#### Hisoblash usuli

1. Meteorologik xizmatlar ma'lumotlari asosida hisob-kitob mintaqasidagi o'rtacha shamol tezligini aniqlang. Shu bilan birga, ob-havo stantsiyalarining ma'lumotlari o'rtacha hisoblanganligini yodda tutish kerak. Shu nuqtai nazardan, ushbu ma'lumotlarga qo'shimcha ravishda, mahalliy landshaftga (o'rmonlar va tog' tizmalarining aerodinamik yo'laklari, daryolar tekisliklari, portlangan shaharlar),

mintaqadagi tegishli iqlim o'zgarishiga (shamol yo'nalishining o'zgarishi va kuch, harorat tebranishlari) va boshqalar.

Shamolning o'rtacha tezligi  $v_{o'r}$  shamol xaritasi asosida tanlanadi. Aniqroq ma'lumotlarni tegishli mahalliy tashkilotlardan olish mumkin. Bundan tashqari, shamol tezligini ularning yuzaga kelishiga qarab hisoblash usuli mavjud. Bu qiyinroq yo'l, ammo natija, qoida tariqasida, avvalgisidan 10-15% farq qiladi.

2. 1.1-topshiriqda (formula (1.2)) olingan ma'lumotlar asosida ob'ektning o'rtacha soatlik energiya sarfini aniqlang.

Soatiga energiya sarfi  $E_{sut}$  24 soatga bo'lingan holda olib boriladi:

$$E_{sot} = \frac{E_{sut}}{24} Vt*s \quad (2.1)$$

Shamol turbinasining nominal quvvatini aniqlang, berilgan ob'ektni elektr ta'minoti uchun ishlatilishi mumkin.

Shamol turbinasi tomonidan ishlab chiqilgan quvvat  $P_{maxsus}$  iste'mol qilish vaqtiga bo'lingan  $E_{soat}$ , ya'ni. 1 soat davomida:

$$P_{maxsus} = \frac{E_{soat}}{1} Vt \quad (2.2)$$

Ammo bu taxminiy o'rtacha shamol tezligida shamol turbinasi tomonidan ishlab chiqilgan lahzali quvvatdir. Mahalliy ob-havo stantsiyasining ma'lumotlariga ko'ra taxminiy shamol tezligini aniqlab yoki o'zingizning hisob-kitoblaringizni amalga oshirgandan so'ng, I.2.1 - I.2.3-jadvaldan foydalanib, o'rtacha shamol tezligidan foydalanib, shamol turbinasi  $P_{ShESbirlah}$  bir lahzalik quvvatini toping. bu shamol tezligida ma'lum bir shamol turbinasi tomonidan ishlab chiqilgan.

Qidiruv ishlari olib borilmoqda shartni qondiradigan ma'lumotlarni aniqlash bilan o'rtacha shamol tezligi ustunlari bo'yicha

$$P_{ShESbirlah} B\text{Э}Y \geq P_{maxsus}, \forall t \quad (2.3)$$

Ba'zi hollarda bir emas, balki bir nechta shamol turbinalari (vertolyotlar) o'rnatish mumkin. Bu qaror, o'rnatish qanchalik kichik bo'lsa, shamollar shunchalik kichikroq boshlanadi va shunga mos ravishda kichikroq shamollar elektr energiyasini ishlab chiqarishni boshlaydi.

Shundan so'ng, tanlangan shamol turbinasining nominal quvvati keyingi hisob-kitoblar uchun asos sifatida qabul qilindi.

#### *Hisoblash misoli 1*

##### Dastlabki ma'lumotlar :

Aholi punkti – Bekobod tumani;

1.1-topshiriqning yechim ma'lumotlari.

##### Toping :

Ob'ektni avtonom elektr ta'minoti uchun shamol elektr stantsiyasining nominal quvvati.

##### Yechim :

1. Mintaqada o'rtacha shamol tezligini aniqlang:

$$v = 5 \text{ m/s}$$

Xuddi shunday hisob-kitob boshqa usullar yordamida ham amalga oshirilishi mumkin.

2. 1.1-topshiriqdan ob'ektning o'rtacha kunlik energiya iste'moli

$$E_{sut} = 18960 \text{ Vt.}$$

Shunga ko'ra,  $E_{soat}$  :

$$E_{soat} \frac{E_{sut}}{24} = \frac{18960}{24} = 790 \text{ Vt} \cdot \text{soat}$$

$$P_{maxsus} = \frac{E_{soat}}{1} = \frac{0,790}{1} = 790$$

2-ilovadagi I.2.1 - I.2.3-jadvallardan mos keladigan shamol elektr stantsiyasini topamiz. Kontinental iqlim sharoitida engil shamollarda samaraliroq ishlash uchun kichik shamol turbinalarini tanlash yaxshiroq ekanligini hisobga olib, biz ShES-3 ni tanlaymiz. (I.2.1-jadval) miqdori 2 dona.

Tanlov (2.3) shartni qondiradi:

$$2 \cdot P_{ShESbirlah} \geq P_{maxsus} \text{ yoki } 2 \cdot 400 \geq 790$$

Keling, tekshiramiz. Har bir ShES-3 ning jami kunlik ishlab chiqarishi quyidagicha bo'ladi:

$$E_{sut2ShES} = 9,6 \text{ kVt/soat.}$$

Ikkita shamol turbinasining umumiy quvvati-3:

$$E_{sut2ShES} = 9,6 \cdot 2 = 19,2 \text{ kVt/soat.} = 19200 \text{ Vt} \cdot \text{soat.}$$

Bu (2.1) ifoda shartlarini qanoatlantiradi, chunki

$$E_{sutShES} \geq E_{SUT} \text{ yoki } 19200 \text{ Vt} \cdot \text{soat.} \geq 18960 \text{ Vt} \cdot \text{soat}$$

4. Shunday qilib, hisob-kitoblar jarayonida ishlab chiqaruvchi uskunaning energiyasi sifatida 2 dona miqdorida ShES-3 shamol elektr stantsiyasi tanlangan. Har bir birlikning nominal (o'rnatilgan) quvvati 3 kVt.

## **Topshiriq 2.2. Shamol turbinalari egallagan maydonni aniqlash**

Shamol turbinasi egallagan er yuzasini aniqlang.

### Hisoblash usuli

1. Shamol turbinasi bevosita egallagan maydonni aniqlang. U minoraning ko'ndalang kesimi maydonidan iborat  $S_m$  va ajratilgan

tortgichlar  $S_t$ .

Minoraning ko'ndalang kesimi maydoni  $S_m$  :

$$S_M = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2.2)$$

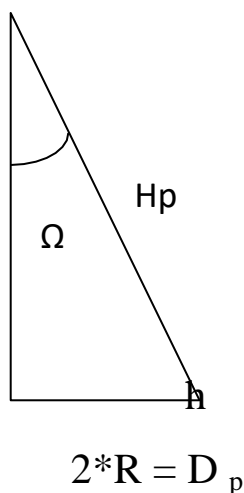
qaerda  $S_m$  - minoraning pastki poydevorining ko'ndalang kesimi maydoni;

$d$  - ustunli quvur diametri.

2. Tortgich belgilari egallagan  $S_p$  maydonini aniqlang.

Bunday hisob-kitoblar mahkamlangan tortgichlar uchun amalga oshiriladi. Totrgichlarsiz minora maydoni nolga teng.

Tortgich kengaytmasi ustun o'qiga  $\Omega$  burchak ostida cho'zilgan (2.1-rasm):

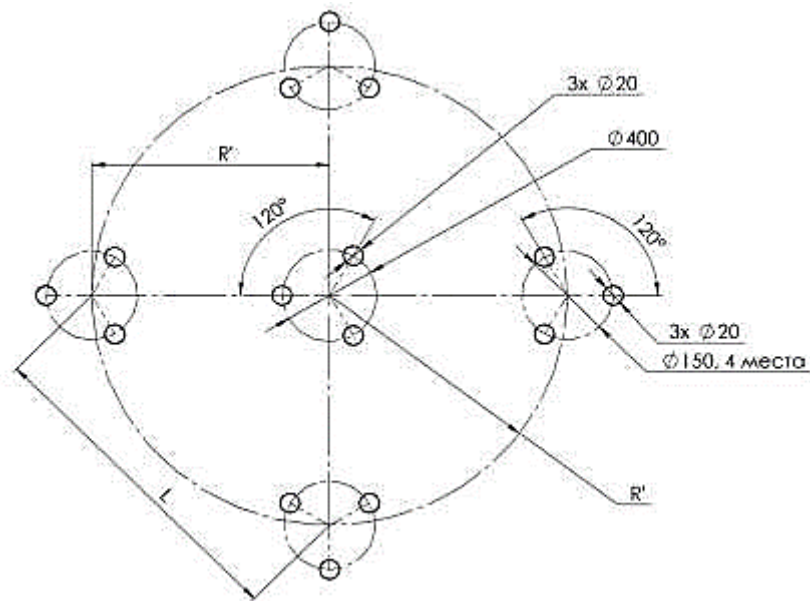


**2.1-rasm.** Tortgich o'qiga  $\Omega$  burchak ostida cho'zilgan.

Tortgich asoslari joylashgan diametri (tortgichlar diametri)  $D_u$  ustun uzunligi  $h$  orqali topiladi (2.1 -rasm) :

$$D_u = 2 \cdot h \cdot \sin(\Omega) \quad (2.3)$$





**2.2-rasm.** Minora (machta) va tortgichlarni fundamenti joylashishining sxemasi

Minoralar fundamenti va tortgichlarning joylashuv sxemalari, totrgichlarning egallab to'rgan maydoni uchburchak hosil qiladi (agarda totrgich 3 ta bo'lsa) yoki turtburchak (agarda tortgichlat 4 ta bo'lsa) mos keladi (2.2-rasm).

Tortgichlarning egallagan maydon  $L_{kv}$  tomonlari bo'lgan  $S_{doi}$  doira ichiga yozilgan  $S_{kv}$  kvadratining maydoni sifatida hisoblanadi:

$$S_p = S_{kv} = L_{kv}^2 = \frac{S_{doi}}{\pi \cdot 0,5} = \frac{\pi \cdot D_t^2}{\pi \cdot 4 \cdot 0,5} = \frac{D^2}{2} \quad (2.4)$$

Dastlabki ma'lumotlar :

Minora quvur diametri  $d=180$  mm; Minora balandligi  $h=12$  m;

Tortgich burchagi  $\Omega=30^0$ .

Toping: Shamol turbinalari egallagan yer yuzasi (hududi).

Yechim :

1. Minora egallagan  $S_M$  maydonini aniqlaymiz :

$$S_M = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,18^2}{4} = 0,02, \text{ m}^2$$

2. Tortgich (rastyashki) egallagan  $S_p$  maydonini aniqlaymiz (2.3) ga tortgich diametri:

$$D_t = 2 \cdot h \cdot \sin(\Omega) = 2 \cdot 12 \cdot 0,5 = 12 \text{ m.}$$

Tortgich egallagan maydon tomonlari  $L_{kv}$  bo'lgan doira ichiga yozilgan kvadratning maydoni sifatida hisoblanadi:

$$S_t = \frac{D^2}{2} = \frac{12^2}{2} = 72 \text{ m}^2$$

### **3. SHAMOL TURBINALARINING AERODINAMIK PARAMETRLARI**

#### **Topshiriq 3.1 Shamol turbinasi rotorining parametrlarini hisoblash.**

Shamol elektr stantsiyasining rotori (yoki shamol g'ildiragi) (gondol) va parraklardan iborat. Gorizontal o'qli konstruktsiyalarda, qoida tariqasida, multiplikator o'rnatiladi. Biroq, u vazifada hisobga olinmaydi.

#### Hisoblash usuli

1. Elektr quvvatidan foydalanib, aerodinamik quvvatni hisoblang.

SHES  $P_e$  ning elektr quvvati shamol energiyasidan foydalanish koeffitsienti  $\xi$ (Navoiy viloyati) orqali  $P_A$ ning aerodinamik kuchi hisoblanadi:

$$P_e = \xi \cdot P_A, \text{ Vt} \quad (3.1)$$

Gorizontal o'qli o'rnatishlarning  $\xi$  haqiqiy oralig'i 0,25 ... 0,47 ga o'zgarib turadi. Vertikal o'qli o'rnatishlarning  $\xi$  haqiqiy oralig'i 0,09 ... 0,48 ga o'zgarib turadi.

Nazariy maksimal Navoiy viloyatida ideal va amalda erishish mumkin emas, chunki muqarrar yo'qotishlar mavjud:

Jukovskiy-Betz bo'yicha  $\xi = 0,593$  (ko'pincha hisob-kitoblarda qo'llaniladi); Sobinin bo'yicha  $\xi = 0,687$

1. Laminar oqimda  $v$  doimiy shamol tezligida  $S$  rotorining supurilgan maydonini aniqlang.

Aerodinamik quvvat - shamol turbinasining rotoriga (shamol g'ildiragi) 1 soniyada uzatiladigan shamol oqimining energiyasi:

$$P_A = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{\rho \cdot V \cdot v^2}{2} = \frac{\rho \cdot S \cdot v \cdot v^2}{2} = \frac{\rho \cdot S \cdot v^3}{2}, \text{ Vt} \quad (3.2)$$

bu erda  $P_A$  - aerodinamik quvvat, Vt;  $r$  - rotordan o'tadigan havo zichligi (20 ° C haroratda va 101,325 kPa bosimdagi quruq havoda 1,2041 kg/m<sup>3</sup> deb hisoblanadi), kg/m<sup>3</sup>;  $v$  - rotor bilan uchrashishdan oldin shamol oqimining tezligi, m / s;  $m$  - rotordan 1 soniyada o'tadigan havo massasi, kg;  $V$  - rotordan 1 soniyada o'tadigan havo hajmi, m<sup>3</sup>;  $S$  - rotorning supurilgan maydoni (gorizontal o'qli qurilmalar uchun bu aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lgan tekislikdagi rotor proyeksiyasining maydoni, vertikal eksenel o'rnatish uchun bu rotorning maydoni. aylanish o'qiga parallel tekislikdagi proyeksiya), m<sup>2</sup>.

Shunday qilib,  $S$  rotorining yuza maydoni (3.2) dan yagona tarzda aniqlanadi.

1. Gorizontal o'qli o'rnatish uchun rotor diametrini aniqlang (vertikal o'q o'rnatish uchun rotor diametri va balandligi).

Gorizontal o'qli rotorlar uchun:

$$S_M = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (3.3)$$

bu erda:  $p = 3,14$  ga teng o'lchovsiz doimiy;

$D$  - rotor diametri.

Vertikal o'qli rotorlar uchun:

$$S = D \cdot H, \text{ m}^2 \quad (3.4)$$

bu erda  $D$  - rotor diametri;  $H$  - rotorning balandligi.

(3.3) va (3.4) ifodalarga asoslanib, shamol turbinasi diametrini topish mumkin. Shuni ta'kidlash kerakki, vertikal o'qli shamol turbinasi rotorining parametrlari noaniq tarzda aniqlanadi, shuning uchun  $D$  diametri va  $H$  balandligi nisbatini aniqlash uchun qo'shimcha hisob-kitoblar talab qilinadi.

*Eslatma* : Amalda, haqiqiy Navoiy viloyati uchun tuzatishni hisobga olgan holda, supurilgan maydonni 33-35% ga oshirish kerak, bu idealning 65-67% ni tashkil qiladi:

$$S_{haqiqiy} = S \cdot 1,33, \text{ m}^2 \quad (3.5)$$

1. Rotorni ishlab chiqarishning texnik va iqtisodiy maqsadga muvofiqligi va umumiy o'lchamlarga asoslangan muayyan sharoitlarda qo'llanilishi to'g'risida xulosa chiqariladi.

*Hisoblash misoli 1*

Dastlabki ma'lumotlar :

Shamol turbinasi turi - gorizontal o'qli; Shamol turbinasining nominal quvvati  $P_e = 3 \text{ kVt}$ ; Nominal aylanish tezligi  $v = 11 \text{ m/s}$ ;

Toping:

Shamol g'ildiragi o'lchamlari: diametri D.

Yechim:

1. 3.1 formuladan biz Jukovskiya ko'ra ideal bilan ideal aerodinamik quvvat  $P_A$  ni topamiz:

$$P_A = \frac{P_{\text{ideal}}}{\xi} = \frac{3000}{0,593} = 5059 \text{ W (ideal)}$$

$$P_A = \frac{P_{\text{haqiqiy}}}{\xi} = \frac{3000}{0,4} = 7500 \text{ W (haqiqiy versiya)}$$

1. 3.2 formuladan biz rotorning yuza maydonini topamiz. S ;

$$S = \frac{2 \cdot P_A}{\rho \cdot v^3} = \frac{2 \cdot 5059}{1,2041 \cdot 11^3} = 6,3, \text{ m}^2$$

Amalda, haqiqiy uchun tuzatishni hisobga olgan holda, yuza maydonni 33-35% ga oshirish kerak, bu idealning 65-67% ni tashkil qiladi:

$$S_{\text{haqi}} = S \cdot 1,33 = 8,4 \text{ m}^2$$

2. 3.3 formuladan D rotorining diametrini topamiz:

$$D = \sqrt{4 \cdot \frac{S}{\pi}} = \sqrt{4 \cdot \frac{8,4}{3,14}} = 3,2 \text{ m}$$

Xulosa: shamol turbinalarini ishlab chiqarish haqiqiy, qo'llanilishi maqsadga muvofiqdir.

*Hisoblash misoli 2*

Dastlabki ma'lumotlar :

Shamol turbinasi turi - vertikal-o'qli; Shamol turbinasining nominal quvvati  $P_E = 3 \text{ kVt}$ ; Nominal aylanish tezligi  $v = 11 \text{ m/s}$ ;

Topping: Shamol g'ildiragining o'lchamlari: diametri D va balandligi H.

Yechim :

1.  $P_A$  ni topamiz :

$$P_A = \frac{P_{\text{э}}}{\xi} = \frac{3000}{0,593} = 5059 \text{ Vt}$$

2. 3.2-formuladan biz  $S$  rotorining yuza maydonini topamiz:

$$S = \frac{2 \cdot P_A}{\rho \cdot v^3} = \frac{2 \cdot 5059}{1,2041 \cdot 11^3} = 6,3 \text{ m}^2$$

Amalda, haqiqiy uchun tuzatishni hisobga olgan holda, yuza maydonni 33-35% ga oshirish kerak, bu idealning 65-67% ni tashkil qiladi:

$$S_{\text{haqi}} = S \cdot 1,33 = 8,4 \text{ m}^2$$

3.  $D$  diametrlari va  $H$  balandliklari to'plami cheksizdir. Shuning uchun,  $H$  balandligi tajriba va optimallashtirish asosida dizayner tomonidan tanlanadi. Ushbu misolda,  $H$  kuch sabablari uchun o'rtacha chegaralar ichida o'zboshimchalik bilan tanlangan. Masalan,  $H = 4 \text{ m}$  bo'lsin.

3.4-formuladan biz  $D$  rotorining diametrini topamiz:

$$D = \frac{S_{\text{haqi}}}{H} = \frac{8,4}{4} = 2,1 \text{ m}$$

4. Xulosa: shamol turbinalarini ishlab chiqarish haqiqiy, foydalanish maqsadga muvofiqdir .

### **Topshiriq 3.2 Shamol turbinasi rotor qanotlarining parametrlarini hisoblash**

Shamol elektr stantsiyasining parraklarining soni  $n$  uning tezligini aniqlaydi  $Z$  - parrak uchining chiziqli tezligining shamol tezligiga nisbati. Tezlik dizayner tomonidan dizayn talablari va tajribasi asosida tanlanadi. Kuchli shamollar uchun rotor tezligining oshishi odatda

aylanish tezligining oshishi tufayli ijobiy o'lchovdir va kichik shamollar uchun yuqori tezlik parametrlari rotor momentining pasayishi tufayli energiya ishlab chiqarishga salbiy ta'sir qiladi. Shuning uchun parraklar soni, tezlik va moment o'rtasidagi munosabatlar uchun universal optimal echim yo'q. Shu munosabat bilan, muammo har doim muayyan shamol sharoitida joylashgan ma'lum bir o'rnatish uchun talablar asosida hal qilinadi .

### Hisoblash usuli

Berilgan tezlik uchun parraklar sonini hisoblang.

Amaliyotdan ma'lumki, Z optimal tezligi parraklar soniga quyidagi ifoda bilan bog'liq:

Gorizonttal o'qli rotorlar uchun:

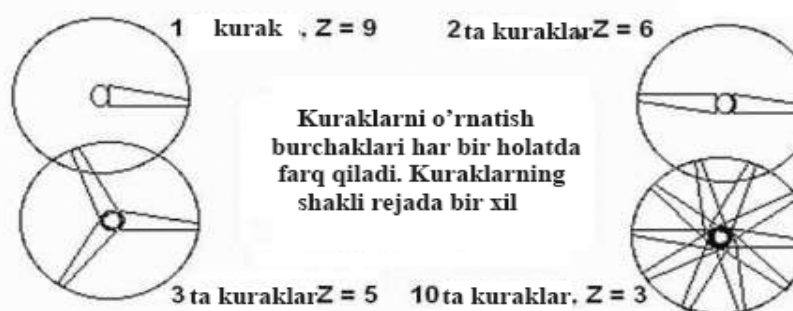
$$n \approx \frac{80}{Z^2} \text{ dona} \quad (3,6)$$

Vertikal o'qlil rotorlar uchun:

$$n \approx \frac{4 \cdot \pi}{Z} \text{ dona} \quad (3,7)$$

bu erda  $n$  - parraklar, bo'laklar soni;  $Z$  - tezlik, modullar.

Parraklar soni eng yaqingacha yaxlitlanadi.  $Z$  va  $n$  ning taxminiy nisbatlari shaklda ko'rsatilgan. 3.1.



**3.1-rasm.** Tezlik va parraklar soni o'rtasidagi bog'liqlik

1. ayl/min yoki Hz bilan ifodalangan rotor tezligini hisoblang:

$$\omega_{RPM} = \frac{60 \cdot Z \cdot v}{\pi \cdot D}, \text{ ayl/min} \quad (3.8)$$

bu yerda  $\omega_{RPM}$  - ayl/mindagi rotor tezligi;  $D$  - rotor diametri.

Hz da aylanish chastotasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\omega_{Gs} = \frac{\omega_{RPM}}{60}, \text{ Hz} \quad (3.9)$$

bu yerda  $\omega_{RPM}$  - rotor tezligi Hz.

2. Kesim yuzasi uzunligini hisoblang. Xorda - burun va parrak profilining oxiri orasidagi masofa. Kesim yuzasi uzunligi  $b$  o'zgaruvchan yoki doimiydir.

O'zgaruvchan variant bo'lsa, kesim yuzasi uzunligi parrakning o'igach masofaga bog'liq bo'ladi.

$$b = \frac{16 \cdot \pi \cdot R \cdot \left(\frac{R}{r}\right)}{9 \cdot Z^2 \cdot n}, \quad (3.10)$$

bu yerda  $r$  - aylanish o'qidan parrak ustidagi nuqtagacha bo'lgan masofa,  $0 < r < R$  ichida o'zgaradi.

O'zgaruvchan akkord (xord) uzunligi  $b$  parrak uzunligining 75% da:

$$b = \frac{16 \cdot \pi \cdot R \cdot 1,3}{9 \cdot Z^2 \cdot n} \quad (3.11)$$

Parrakning eng oxiridagi akkord uzunligi  $b_K$ :

$$b = \frac{16 \cdot \pi \cdot R}{9 \cdot Z^2 \cdot n} \quad (3.12)$$

Empirik formuladan foydalanib, gorizontal o'qli shamol turbinasining rotor qanotining akkord (xord) uzunligini tekshirishingiz mumkin. Parrakning uchidagi akkord uzunligi rotorning diametriga quyidagicha bog'liq:

$$b_K = D \cdot 3,8\% \quad (3.13)$$



3. Parrakning uchidagi kesim yuzasi va aylanish o'qidan  $r=0,75 \cdot D$  masofada joylashgan kesim yuzasi uchun Reynolds sonini hisoblang (o'zgaruvchan kesim yuzasi uchun). Minimal kesim yuzasi uzunligini oling va natijani to'g'rilang.

Laminardan turbulent harakatga o'tish Reynolds sonining qiymatida sodir bo'ladi  $Re_c$ , bu kritik deb ataladi. Ushbu qiymatdan pastroqda qanotning tortishish kuchi  $X$  katta, ko'taruvchi  $Y$  esa kichik. Ushbu qiymatdan yuqori qarshilik  $X$  bir necha marta tushadi, ko'tarish kuchi  $Y$  esa bir necha marta ortadi. Umumiy Reynolds soni:

$$Re = \frac{V_0 \cdot b}{\nu}, \quad (3.14)$$

bu erda  $V_0$  - parrakning aylana tezligi (parrak nuqtasining chiziqli tezligi);  $b$  - xarakterli o'lcham, m;  $\nu$  - kinematik muhitning qovushqoqligi,  $m^2/s$ .

Zichligi  $1,2041 \text{ kg/m}^3$  bo'lgan laminar siqilmaydigan havo oqimida harakatlanuvchi jism uchun Reynolds soni quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$Re = 68500 \cdot V_0 \cdot b \quad (3.15)$$

Shamol turbinasi barqaror ishlashi uchun  $Re \geq 200000$  talab qilinadi, keyin parrak kesim yuzasi kamida bo'lishi kerak:

$$b = \frac{Re}{68500 \cdot V} \quad (3.16)$$

(3.16) shartni qondirish uchun (3.11) va (3.12) formulalarda olingan ma'lumotlarni tekshiring va akkord uzunligini o'zgartirib, natijani mos ravishda to'g'rilang.

4. Parrak uzunligini hisoblang. Parrak uzunligi komponentlarning mustahkamligi va induktiv reaktivlik ta'sirini minimallashtirish hisobga

olingan holda olinadi:

$$1,5 R > L_{par} > 4 b, m \quad (3.17)$$

Bu yerda  $L_{par}$  - parrak uzunligi.

5. Parrakni o'rnatish burchagi  $b$  butun uzunligi bo'ylab o'zgaruvchan, chunki tezligiga yoki oqim burchagiga bog'liq  $r = b + a$  ( $a$  - hujum burchagi, ya'ni oqim parrakqa ta'sir qiladigan burchak).

Parrakning har bir nuqtasining o'rnatilgan burchagi  $r$  masofasiga bog'liq va quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\beta = \arctg \left\langle \frac{2 \cdot R}{3 \cdot r \cdot Z} \right\rangle - \alpha, \quad (3.18)$$

Deyarli barcha profillar 5 darajaga teng bo'lgan hujum burchagi  $a$  burchagida eng yuqori ko'tarilish va tortish nisbatiga ega, bu hisob-kitoblar uchun asos bo'lishi mumkin.

Olingan ma'lumotlarni 3.1-jadvalga yozing:

Shamol turbinasi parametrlarining qisqacha jadvali

3.1- jadvallari

| Parrakning aylanish tezligi $Z$ , | Kuraklarining aylanish soni $n, ta.$ | Nominal aylanishlar soni $\omega_{Gts}$ , Hz | Kesim yusasi, m | Kesim yusasi $(0,75 \cdot R)$ , m | Kurak uzunligi $L_{kur}$ , m | O'rnatish burchagi $\beta$ , град. |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--|-----------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
|                                   |                                      |  |                 |                                   |                              |                                    |

*Hisoblash misoli 1*

Dastlabki ma'lumotlar :

Shamol turbinasi turi - gorizonttal o'qli;

Tezlik  $Z = 5$ ;

Ishchi Reynolds soni  $Re \geq 200000$ ;

Toping:

Parraklar soni, kesim yuzasi o'lchami va o'rnatish burchagi.

Yechim:

1. 3.6-formulaga ko'ra, berilgan Z tezligi uchun parraklar sonini topamiz va uni eng yaqin raqamga yaxlitlaymiz. Rotor tezligi (3.8) va (3.9) formulalardan topiladi. 11 m/s nominal shamol tezligida:

$$n \approx \frac{80}{Z^2} = \frac{80}{5^2} = \frac{80}{25} = 3,2 \approx 3 \text{ dona}$$

Rotor tezligi (3.8) va (3.9) formulalardan topiladi. 11 m/s nominal shamol tezligida:

$$\omega_{RPM} = \frac{60 \cdot Z \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 5 \cdot 11}{3,14 \cdot 3,2} = 330 \text{ ayl/min}$$

$$\omega_{\Gamma\text{ц}} = \frac{\omega_{RPM}}{60} = 5,5 \text{ Hz}$$

2. 3.1-masalada ( $R = D/2 = 1,6 \text{ m}$ ) hisoblangan radiusni hisobga olgan holda kesim yuzasi uzunligini  $0,75 R$  da hisoblang:

$$b = \frac{16 \cdot \pi \cdot R \cdot \langle \frac{R}{r} \rangle}{9 \cdot Z^2 \cdot n} = \frac{16 \cdot 3,14 \cdot 1,6 \cdot \langle \frac{1,6}{1,6 \cdot 0,75} \rangle}{9 \cdot 5^2 \cdot 3} = 0,16, \text{ m}$$

3. Parrakning oxirida (ya'ni, rotor R radiusida) kesim yuzasi uzunligini hisoblaymiz:

$$b = \frac{16 \cdot \pi \cdot R \cdot \langle \frac{R}{r} \rangle}{9 \cdot Z^2 \cdot n} = \frac{16 \cdot 3,14 \cdot 1,6 \cdot \langle \frac{1,6}{1,6} \rangle}{9 \cdot 5^2 \cdot 3} = 0,12$$

Tekshirish shuni ko'rsatishi mumkinki, yuqori tezlikda ishlaydigan rotorlarda parrakning uchidagi  $b_K$  kesim yuzasi uzunligi rotor D diametrining 3,8% ni tashkil qiladi:

$$b_K = D \cdot 3,8\% = 3,2 \cdot 0,038 = 0,12 \text{ m.}$$

Olingan ma'lumotlar uchun Reynolds raqamini hisoblash 11 m/s nominal tezlikda  $V = v \cdot Z$  aylana tezligini hisobga olgan holda amalga oshiriladi:

Parrak kesim yuzasiining oxiri uchun  $b_K$  :

$$R_e = 68500 \text{ V } b_K = 68500 \text{ v } Z b_K = 68500 \cdot 11 \cdot 5 \cdot 0,12 = 452100.$$

$R_e$  qiymati talablarni qondiradi, chunki  $R_e \geq 200000$ .

Kesim yuzasi pichog'i uchun  $b_{0,75}$  radiusda  $r=0,75 R$  va aylana tezligi  $V_{0,75} = 0,75 \cdot V = 0,75 \cdot v \cdot Z$ :

$$R_e = 68500 \cdot V_{0,75} \cdot b_{0,75} = 68500 \cdot 0,75 \cdot 11 \cdot 5 \cdot 0,16 = 452100.$$

Qiymat talablarni ham katta farq bilan qondiradi.

1. Parrak uzunligi komponentlarning mustahkamligi va (3.17) formula bo'yicha induktiv reaksiya ta'sirini minimallashtirish hisobga olingan holda olinadi:

3.1 masala yechimini va (3.17) formula shartini qanoatlantiradigan  $L = R = D / 2 = 1,6 \text{ m}$  bo'lsin.

2. Parrakni o'rnatish burchagi  $b$  butun uzunligi bo'ylab o'zgaruvchan.

Shunga ko'ra, parrakning uchini o'rnatish burchagi, bu yerda  $r=R$  :

$$\begin{aligned} \beta &= \arctg \left\langle \frac{2 \cdot R}{3 \cdot r \cdot R} \right\rangle - \alpha = \arctg \left\langle \frac{2 \cdot 1,6}{3 \cdot 1,6 \cdot 5} \right\rangle - 5 = \arctg 0,13 \\ &= -4,87^\circ \end{aligned}$$

Shunga ko'ra, parrakning uchini o'rnatish burchagi bu yerda  $r=0,75 R$ :

$$\begin{aligned} \beta &= \arctg \left\langle \frac{2 \cdot R}{3 \cdot r \cdot Z} \right\rangle - \alpha = \arctg \left\langle \frac{2 \cdot 1,6}{3 \cdot 1,6 \cdot 0,75 \cdot 5} \right\rangle - 5 = \arctg 0,17 \\ &= -4,82^\circ \end{aligned}$$

Ko'rinib turibdiki, parrakning uzunligi bo'ylab burilish bor har bir nuqtada optimal o'rnatish burchagi.

**Shamol turbinasi parametrlarining qisqacha jadvali:**

| Parrakning aylanish tezligi Z, | Kurralarning aylanish soni n, ta. | Nominal aylanishlar soni $\omega_{Gts}$ , Hz | Kesim yusasi, m | Kesim yusasi $(0,75 \cdot R)$ , m | Kurral uzunligi Lkur, m | O'rnatish burchagi $\beta$ , grad. |
|--------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| 5                              | 3                                 | 5  | 0,12            | 0,16                              | 1,6                     | 4,87                               |

*Hisoblash misoli 2*Dastlabki ma'lumotlar :

Shamol turbinasi turi – vertikal-o'qli; Tezlik  $Z = 2$ ;

Ishchi Reynolds soni  $Re \geq 200000$ ;

Toping :

Parraklar soni, xord o'lchami va o'rnatish burchagi.

Yechim:

1. 3.7-formulaga ko'ra, berilgan Z tezligi uchun parraklar sonini topamiz va uni eng yaqin raqamga yaxlitlaymiz:

$$n \approx \frac{4 \cdot \pi}{Z} = \frac{4 \cdot 3,14}{2} = 6 \text{ dona}$$

Biz rotorning har biri 3 ta parrakdan iborat ikkita qatlamdan, jami 6 ta parrakdan iborat degan taxminni qabul qilamiz.

2. Rotor tezligi (3.8) va (3.9) formulalardan topiladi. 11 m/s nominal shamol tezligida:

$$\omega_{rottez} = \frac{60 \cdot Z \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{6 \cdot 2 \cdot 11}{3,14 \cdot 2,1} = 200 \text{ ay/min}$$

$$\omega_{Hz} = \frac{\omega_{BPM}}{60} = 3,3 \text{ Hz}$$

Biz xord uzunligini parrakning butun uzunligi bo'ylab doimiy ekanligini hisobga olgan holda hisoblaymiz:

$$b = \frac{16 \cdot \pi \cdot R}{9 \cdot Z^2 \cdot n} = \frac{16 \cdot 3,14 \cdot 1,05}{9 \cdot 2^2 \cdot 6} = 0,24 \text{ m}$$

3. Qabul qilingan ma'lumotlar uchun Reynolds raqamini hisoblash 11 m/s nominal tezlikda aylana tezligi  $V = v \cdot Z$  ekanligini hisobga olgan holda amalga oshiriladi:

Akkord parrak uchun b:

$$Re = 68500 \cdot V \cdot b = 68500 \cdot v \cdot Z \cdot b = 68500 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 0,24 = 361680.$$

$Re$  qiymati talablarni qondiradi, chunki  $Re \geq 200000$ .

4. Parrakning uzunligi komponentlarning mustahkamligi va (3.17) formula bo'yicha induktiv qarshilik ta'sirini minimallashtirishni hisobga olgan holda olinadi:

$L = H/2 = 2 \text{ m}$  bo'lsin, u 3.1-masalaning yechimini, (3.17) formula shartini va ikki qavatli rotorning taxminini qondiradi.

5. Parrakni o'rnatish burchagi b butun uzunligi bo'ylab doimiy:

$$\beta = \arctg \left\langle \frac{2}{3 \cdot Z} \right\rangle - \alpha = \arctg \left\langle \frac{2}{3 \cdot 2} \right\rangle - 5 = \arctg 0,3 = -4,70^\circ$$

.3-jadval.

Shamol turbinasi parametrlarining qisqacha jadvali

| Parrakni<br>ng<br>aylanish<br>tezligi Z, | Kurrakla<br>rning<br>aylanish<br>soni n,ta. | Nominal<br>aylanishlar<br>soni $\omega_{Gts}$ , Hz | Kesim<br>yusasi,<br>m | Kesim<br>yusasi<br>( $0,75 \cdot R$ ),<br>m | Kurrak<br>uzunligi<br>Lkur, m | O'rnatish<br>burchagi<br>$\beta$ ,grad. |
|--|---|--|-----------------------|---|-------------------------------|---|
| 2  | 6   | 3,3  | 0,24                  | -   | 2                             | 4,7                                     |
|  |   |  |                       |   |                               |   |
|  |   |  |                       |   |                               |   |
|  |   |  |                       |   |                               |   |
|  |   |  |                       |   |                               |   |

## **4. SHAMOL TURBINASI GENERATORI**

### **4.1 SHAMOL TURBINASI GENERATORINING PARAMETRLARINI HISOBLASH**

Shamol turbinasi generatorining parametrlarini hisoblash vazifasi o'rnatishning mexanik va aerodinamik parametrlari bilan chambarchas bog'liq bo'lgan, shuningdek, quvvatni boshqarish tizimining parametrlariga bevosita bog'liq bo'lgan eng murakkab elektrotexnika muammolaridan biridir. Bundan tashqari, qiyinchilik generator turini tanlash, uning umumiy o'lchamlari va o'rash parametrlarini hisoblashdir. Bundan tashqari, amalda generatorni hisoblash har xil iqlim sharoitida issiqlik sharoitlari uchun sinovdan o'tkazilishi kerak. Ishlab chiquvchilarni o'qitishning yuqori darajasiga bo'lgan ehtiyojni hisobga olgan holda, taklif qilingan vazifa elektr mashinalarini loyihalash uchun turli usullardan foydalangan holda olingan hisoblangan ma'lumotlarga asoslangan tekshirish hisob-kitobidir.

#### Hisoblash usuli

6. Oling boshlang'ich ma'lumotlar, shartlangan talablar umumiy o'lchamlarga, rotor tezligiga, magnitlarga va boshqalarga.

Hisoblash uchun dastlabki ma'lumotlar:

- generator turi;
- Magnit parametrlari  $L_m \times B_m \times H_m$  (uzunlik x kenglik x balandlik)
- OD magnitlarining tashqi diametri;
- Magnitlarning ichki diametri ID;
- Bir tayanchdagi magnitlar soni  $p_2$ ;
- Juft qutblar soni  $p$ ;

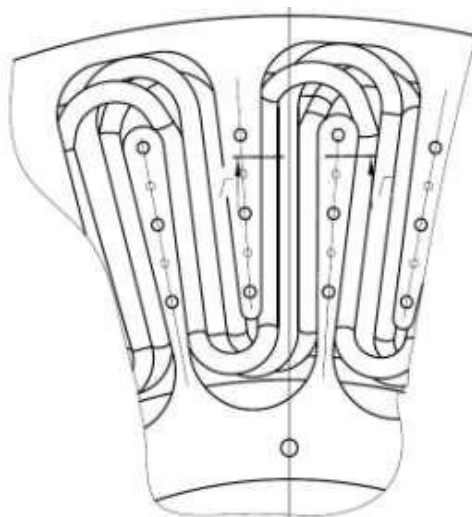
- Magnitlarning sirtlari orasidagi masofa;
- Sim diametri  $d$ ;
- Bo'limdagi burilishlar soni  $w_c$ ;
- faza almashinuvi;
- Aylanish chastotasi (nominal va maksimal);
- Fazalar soni;
- Rotor burchagi.

7. Ansys dasturiy paketi asosida magnet maydonni hisoblang. Ushbu hisob-kitob vazifa doirasidan tashqarida va magnet oqim ishlab chiquvchiga dastlabki ma'lumotlar shaklida taqdim etiladi. Hisoblash texnologiyasi ma'lumot uchun quyida keltirilgan.

Ankraj o'rashining ko'rinishi 4.1-rasmda ko'rsatilgan. Magnet maydonining umumiy o'lchamlari 4.2-rasmda ko'rsatilgan.

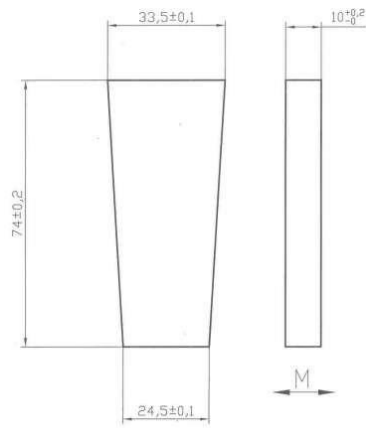
$L_m \times B_m \times H_m$  magnet parametrlarini Ansys-ga kiriting va magnet maydonlarni hisoblang.

Magnet maydonlarni hisoblash Ansys da amalga oshiriladi.

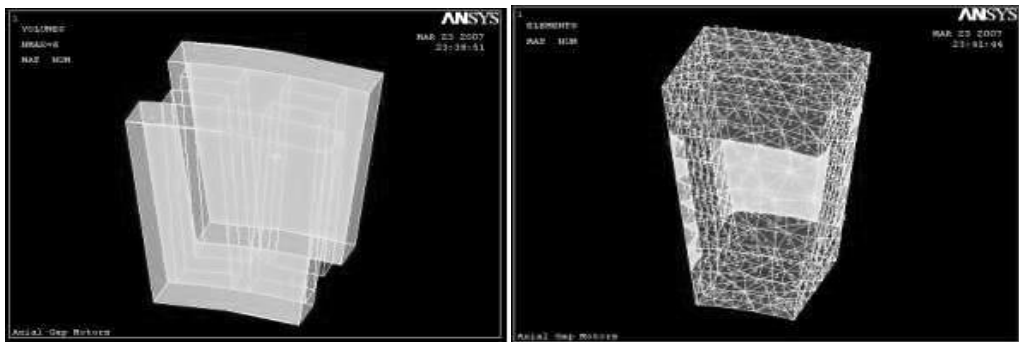


**4.1-rasm.** Generatorning ankraj o'rashi

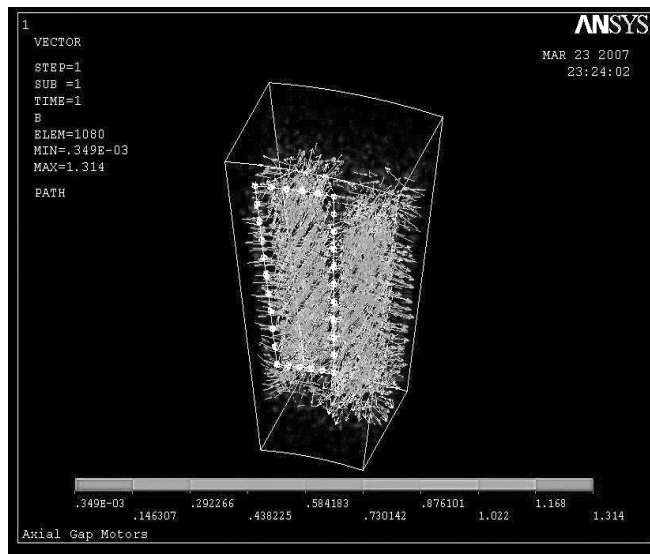




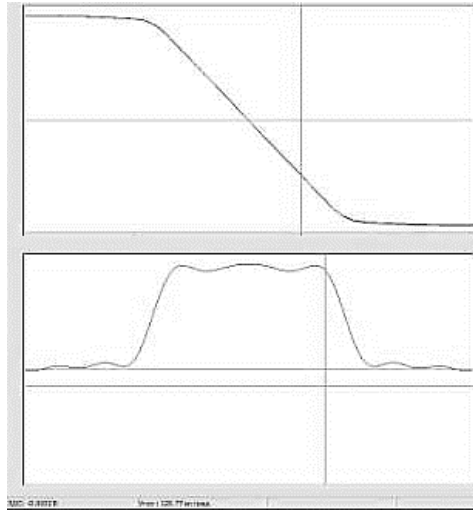
4.2-rasm. Magnitning umumiy o'lchamlari, mm



4.3-rasm. Magnitlarning geometrik xarakteristikalarini kiritish



4.4-rasm. Magnit maydonni hisoblash Grafik



**4.5-rasm. EDS grafigi**

8. Generator parametrlarini tekshirish hisobini o'tkazing. U har qanday hisoblash dasturida – MathLab, MathCAD, MS Excelda amalga oshirilishi mumkin.

Magnit oqim hosilasining amplitudasi  $\frac{dF}{d\alpha}$  Ansys dasturiy paketida.

Tezlik  $n=180$  ayl/min ga o'rnatiladi. Bu shamol turbinasi rotorining nominal va ayni paytda maksimal aylanish tezligi. Rotor tezligini aerodinamik tartibga solish tufayli chastotaning keyingi o'sishi sodir bo'lmaydi deb taxmin qilinadi va generator parametrlari bu nuqta uchun hisoblanadi.

Quyidagi qiymatlar hisoblab chiqiladi:

Elektr radianlarida aylanish chastotasi:

$$\omega = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot p}{60}, \text{rad} \quad (4.1)$$

bu yerda  $\omega$  - elektr radianlarda aylanish chastotasi;

$n$  - soniyada aylanishlar;  $p$  - magnit qutblar juftlari soni.

Har bir fazadagi burilishlar soni:

$$w = w_c \cdot p, \text{ dona} \quad (4.2)$$

Faza EDS amplitudasi (B), noldan tepaga qadar:

$$EDS_{pik} = \frac{dF}{da} \cdot \omega \cdot w, \text{ V} \quad (4.3)$$

Bir fazaning EDS ning o'rtacha kvadrat qiymati:

$$EDS_{CK} = \frac{\Delta C_{pik}}{\sqrt{2}}, \text{ V} \quad (4.4)$$

Yulduzli ulanish uchun generator EDSning ildiz o'rtacha kvadrat qiymati:

$$EDS_{gen} = EDS_{CK} \cdot n - 1, \text{ V} \quad (4.5)$$

Supero'tkazuvchilar uzunligi:

$$L_{\Phi} = \frac{OD-ID}{2} \cdot 2 + \frac{\pi \cdot OD}{2 \cdot p} + \frac{\pi \cdot ID}{2 \cdot p}, \quad (4.6)$$

Supero'tkazuvchilar kesimi:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (4.7)$$

20°C da misning qarshiligi  $\rho_{Cu20} = 1/56 \cdot 10^{-6} \text{ Om} \cdot \text{m}$ . Nominal nuqta o'tkazgichning haroratida hisoblanadi  $t_{\Phi} = 80^{\circ}\text{C}$ .

*Hisoblash misoli 1*

Dastlabki ma'lumotlar :

- Generator turi - Ne-Fe-B doimiy magnitlari bilan sinxron vana alternatori;
- Magnitlar turi - trapezoidal;
- Magnit parametrlari  $L_m \times B_m \times H_m$  0,0740 x 0,0335 x 0,0245 x 0,010 (m).
- Magnitlarning tashqi diametri  $OD = 0,440 \text{ m}$ ;

- Magnitlarning ichki diametri  $ID = 0,250$  m;
- Magnit qutblar juftlari soni  $p = 18$ ;
- Bir tayanchdagi magnitlar soni  $p_2 = 50$ ;
- Magnit yuzalar orasidagi masofa  $= 0,012$  m;
- Fazalar soni  $m = 3$ ;
- Faza almashinuvi  $120$  daraja;
- Tel diametri  $d = 0,001$  m;
- Bo'limdagi burilishlar soni  $w_c = 18$ ;
- Tezlik (nominal va maksimal)  $n = 180$  об/мин;
- Rotor burulish burchagi  $\alpha$ ;
- Oqim hosilasi amplitudasi  $\frac{dF}{d\alpha} = 1,574 \cdot 10^{-3}$

Toping:

Generator parametrlari. Elektr yo'qotishlari, chiqish kuchlanishi, chiqish quvvati, samaradorlikning bog'liqligini hisoblang.

Yechim:

1. Dastlabki ma'lumotlar masala shartida berilgan.

4. Magnit oqim hosilasining amplitudasi (Ansys-dagi hisob-kitoblardan):

$$\frac{dF}{d\alpha} = 1,574 \cdot 10^{-3}$$

5. Generator parametrlarini tekshirish hisobi har qanday kompyuter dasturida - MathLab, MathCAD, MS Excelda amalga oshiriladi.

Elektr radianlarida aylanish chastotasi:

$$\omega = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot p}{60} = 339,292 \text{ rad}$$

Qayerda  $\omega$ - elektr radianlarda aylanish chastotasi;  $n$  – aylanish chastotasi (nominal va maksimal), rpm;  $p$  - magnit qutblar juftlari soni.

Har bir fazadagi burilishlar soni:

$$w = w_c \cdot p = 18 \cdot 18 = 324.$$

Faza EDS amplitudasi (V), noldan tepaga qadar:

$$EDS_{pik} \frac{dF}{da} \cdot \omega \cdot w = 1,574 \cdot 10^{-3} \cdot 3396292 \cdot 324 = 173B$$

Bir fazaning ЭДС ning o'rtacha kvadrat qiymati:

$$EDS_{CK} = \frac{\mathcal{E}_{\mathcal{D}C_{pik}}}{\sqrt{2}} = \frac{173}{\sqrt{2}} = 123B$$

"Yulduz" ulanish uchun generatorning o'rtacha kvadrat qiymati (V):

$$EDS_{gen} = EDS_{CK} \cdot \sqrt{3} = 123 \cdot \sqrt{3} = 213B$$

Super o'tkazuvchilar uzunligi:

$$L_{\phi} = \frac{OD - ID}{2} \cdot 2 + \frac{\pi \cdot OD}{2 \cdot p} + \frac{\pi \cdot ID}{2 \cdot p} = \frac{0,44 - 0,25}{2} \cdot 2 + \frac{3,14 \cdot 0,44}{2 \cdot 18} + \frac{3,14 \cdot 0,25}{2 \cdot 18} = 0,25$$

Super o'tkazuvchilar kesimi:

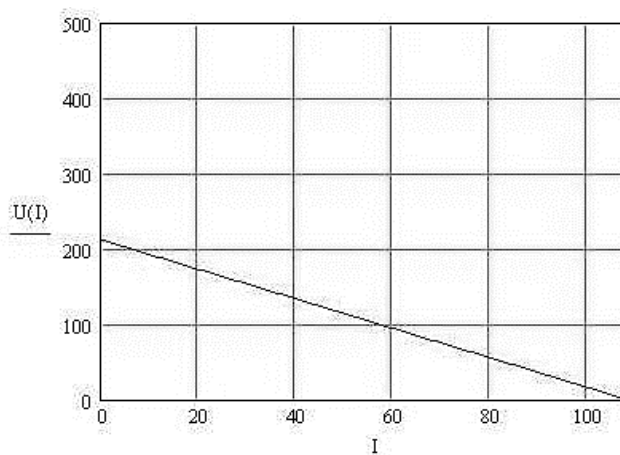
$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 1,767 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

20<sup>0</sup> C da misning qarshiligi :

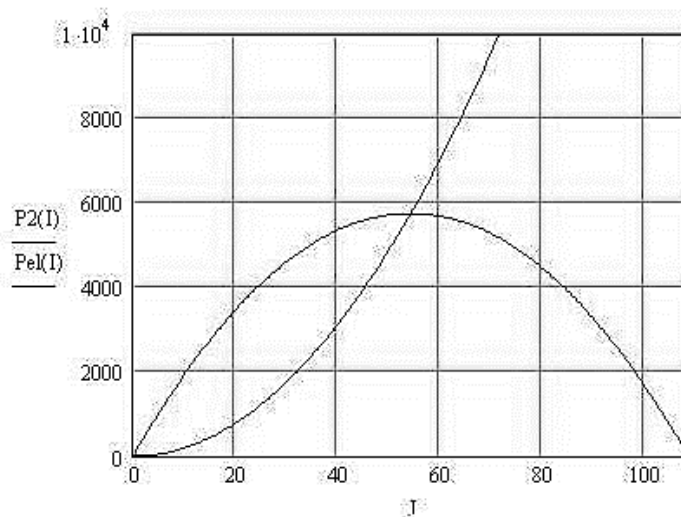
$$\rho_{Cu20} = 1 / 56 * 10^{-6} = 0,017 * 10^{-6} \text{ Om} \cdot \text{m}$$

Super o'tkazuvchilar haroratida hisoblangan nominal nuqta

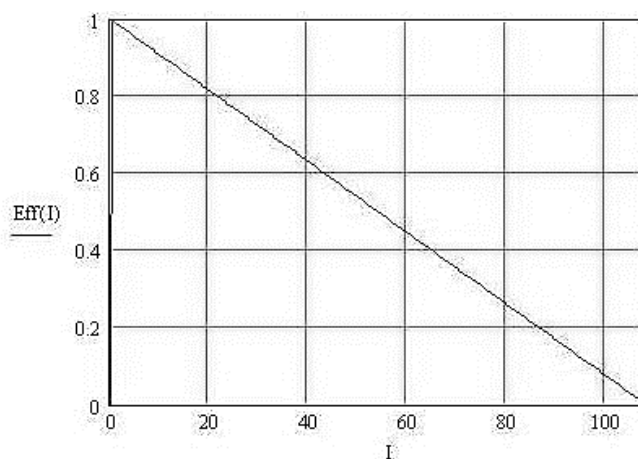
$$t_{\phi} = 80^0 \text{ C.}$$



**4.6-rasm.** Chiqish kuchlanishi U(I) tok I ga nisbatan



**4.7-rasm.** Chiqish quvvati  $P_2(I)$  va  $P_{el}(I)$  fazalaridagi elektr yo'qotishlarining joriy quvvatga bog'liqlik grafiklari (ma'lumot uchun, grafikda emas):

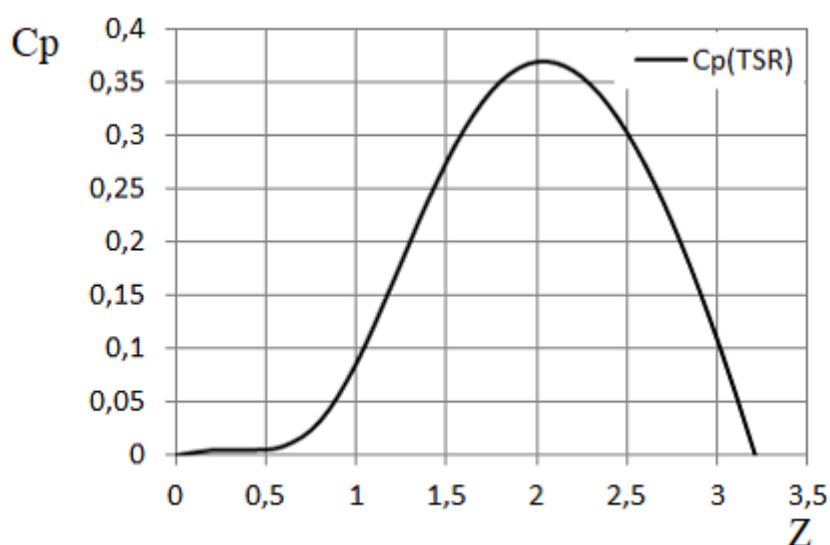


**4.8-rasm.** Tok kuchi I dan  $\eta$  samaradorlik grafigi

Oqim zichligi (ma'lumot uchun, grafikda emas). Bu generatorning sifat tekshiruvlaridan biridir. Amalda uning qiymati  $0 \text{ A} / \text{mm}^2$  dan oshmasligi kerak. Aks holda mis eriydi va/yoki magnetlar magnitsizlanadi.

## 5. SHAMOL TURBINASI QUVVAT BOSHQARUVCHISI TURINI TANLASH

Balast qarshiligiga ega bo'lmagan shamol elektr stantsiyasi uchun elektron quvvat boshqaruvchisini ishlab chiqish quyidagi xususiyatlarga ega: ma'lum diapazonda rotor tezligi oralig'ida shamol turbinasi kuchini nazorat qilish orqali maksimal  $C_p$  ni saqlash; aerodinamik regulyatorlar tufayli rotor tezligini nominal (maksimal) tezlikda cheklash; ballast yuki yo'q.



**5.1-rasm.** Shamol turbinasi rotorining asosiy aerodinamik xarakteristikasi ( $C_p$  ning  $Z$  ga bog'liqlik)

Regulyator zamonaviy elektron komponentlar asosida qurilishi mumkin: bosqichma-bosqich impuls konvertori; pastga tushadigan impuls konvertori. Rivojlanish va optimallashtirish vazifasi konvertatsiya yo'qotishlarini kamaytirish va shamol energiyasidan maksimal darajada foydalanishdir. Tartibga solish vaqtida maksimal quvvatni olish uchun elektron energiya konvertori algoritmini ishlab chiqishda dastlabki ma'lumotlar sifatida ishlaydigan optimal tezlik  $Z$  (5.1-rasm) ga rioya qilish talab etiladi.

Dizayner o'z tajribasi, bozorda mavjud bo'lgan komponentlar va tegishli Spetsifikatsiya talablari asosida regulyator sxemasini tanlashi kerak.

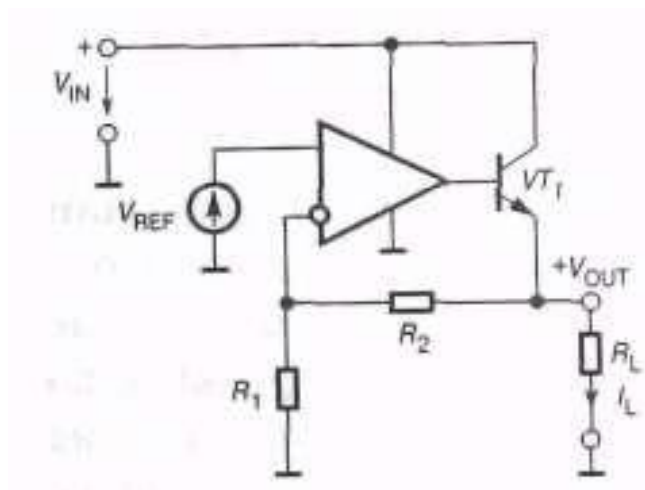
Regulyatorning ishlash algoritmini ishlab chiqishda optimallik mezoni mavjud rotor quvvatini kuzatish bilan chiqish parametrlarini tartibga solishga asoslangan maksimal chiqish quvvatidir. Shamol turbinasi elektr energiyasini tartibga solish parallel ravishda bajariladigan quyidagi harakatlardan iborat bo'lgan usul asosida optimal ish rejimlarini tanlash orqali amalga oshiriladi : tashqi parametrlarni o'lchash (mavjud quvvat, yuk quvvati, batareya zaryadining oqimi, oqim chastotasi va kuchlanish generator fazasi va boshqalar); xavfsiz rejimlar chegarasidan tashqariga chiqadigan parametrlarni aniqlash va konvertorni himoya rejimiga o'tkazish bilan generatorni o'chirish; batareyaning haddan tashqari zaryadlanishi va zaryadsizlanishining oldini olish uchun etarli darajada ishlab chiqarilgan quvvat mavjud bo'lganda, zaryad oqimini cheklash bilan doimiy kuchlanish rejimida batareya zaryadini ta'minlash.

## **REGULYATOR TURLARI**

**Chiziqli quvvat regulyatorlari** quvvat regulyatorlariga qo'shimcha ravishda kamroq yoki kamroq murakkab kam quvvatli boshqaruv sxemasini o'z ichiga oladi. Quvvat regulyatorlarini yaratishda asosiy qiyinchilik shundaki, quvvat tranzistorlari sezilarli quvvatni yo'qotadi. Bu bunday regulyatorning samaradorligini keskin pasaytiradi va muayyan rejimlarda katta yo'qotishlarga olib keladi.

Soddalashtirilgan shaklda chiziqli kuchlanish regulyatorining sxemasi 5.2-rasmda ko'rsatilgan.





**5.2-rasm.** Chiziqli kuchlanish regulyatorining sxemasi

Manfiy kuchlanishli teskari aloqaga ega bo'lmagan teskari ulanishdagi operatsion kuchaytirgichdan,  $V_{REF}$  mos yozuvlar kuchlanish manbaidan va yuk bilan ketma-ket ulangan VT1 regulyator tranzistoridan iborat.

Chiqish kuchlanishining  $V_{chiqishi}$   $R_1/R_2$  rezistiv ajratgichda qilingan salbiy qayta aloqa zanjiri tomonidan boshqariladi. Op-amp xato kuchaytirgich rolini o'ynaydi, bu erda mos yozuvlar kuchlanish manbai (ION) tomonidan berilgan  $V_{REF}$  mos yozuvlar kuchlanishi va  $R_1 / R_2$  ajratgichning chiqish kuchlanishi o'rtasidagi farqdir.

$$\Delta V = V_{REF} - V_{OUT} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Sxema quyidagicha ishlaydi. Bir sababga ko'ra (masalan, yuk qarshiligining pasayishi yoki kirish tartibga solinmagan kuchlanish tufayli) stabilizator  $V$  chiqishining chiqish kuchlanishi pasaygan bo'lsin. Bunday holda, op-ampning kirishida  $V > 0$  xatosi paydo bo'ladi.. Kuchaytirgichning chiqish kuchlanishi ortadi, bu esa bazaviy tokning oshishiga olib keladi va shuning uchun regulyatorning emitent oqimi.

tranzistorni chiqish kuchlanishi deyarli asl darajaga ko'taradigan qiymatga.

Ideal operatsion kuchaytirgich bo'lsa, op-ampning differentsial kirish kuchlanishiga to'g'ri keladigan barqaror holatdagi xato qiymati nolga yaqin. Bundan kelib chiqadiki:

$$V_{OUT} = V_{REF} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

Operatsion kuchaytirgich kirish tartibga solinmagan unipolyar kuchlanishdan quvvatlanadi, bu holda ijobiy (pnp tipidagi tartibga soluvchi tranzistor bilan, kontaktlarning zanglashiga olib keladigan barcha kuchlanishlar salbiy bo'lishi kerak). Bu kirish va chiqish signallarining ruxsat etilgan diapazoniga cheklovlar qo'yadi, bu shartlar ijobiy ma'noga ega bo'lishi kerak. Shu nuqtai nazardan, ushbu turdagi regulyator juda oddiy, ammo samarasiz.

## **KOMMUTATSIYA KUHLANISH REGULYATORLARI**

Ketma-ket boshqaruv elementi bilan uzluksiz (chiziqli) kuchlanish stabilizatorlarining ishlash printsipi shundan iboratki, kirish kuchlanishi va / yoki yuk oqimi o'zgarganda, stabilizatorning chiqish kuchlanishi (yukdagi kuchlanish) kuchlanishning pasayishini o'zgartirish orqali doimiy ravishda saqlanadi. nazorat elementi . Kirish va chiqish kuchlanishlari o'rtasidagi farq kuchli tartibga soluvchi tranzistorga to'g'ri keladi va uni kiritish sxemasiga va kirish voltajining o'zgarishi diapazoniga qarab bir necha o'nlab voltlarga yetishi mumkin. Natijada, yuk oqimi ushbu tranzistor orqali o'tganda, juda ko'p quvvat sarflanadi. Bu chiziqli stabilizatorning nisbatan past ishlash koeffitsientini (COP)

aniqlaydi, bu past stabilizatsiya kuchlanishida hatto 50% dan pastga tushishi mumkin.

Kirish kuchlanishi va yuk o'rtasidagi uzluksiz boshqaruv elementi o'rniga tsiklik (ma'lum bir takrorlash davri  $T$  bilan) ochiq holatdan o'tadigan impulsli kalit (kalit) yoqilgan bo'lsa, sezilarli darajada yuqori samaradorlik qiymatlariga erishish mumkin. yopiq) holatga yopiq (ochiq) holatga va orqaga. Bunday holda, yukdagi chiqish kuchlanishining o'rtacha qiymati uning ochiq holati davomiyligining takrorlanish davriga nisbati bilan aniqlanadi. Shunday qilib, kalitning ochiq holatining nisbiy davomiyligini o'zgartirib, keng diapazondagi yukdagi kuchlanishning o'rtacha qiymatini tartibga solish mumkin. Agar kalit va yuk o'rtasida tegishli past o'tkazuvchan filtr mavjud bo'lsa, yukdagi kuchlanish dalgalanishini maqbul qiymatga tekislash mumkin.

Ko'rinib turibdiki, kalitning ochiq holatda past qarshiligi bilan (ideal holda, u nolga yaqin bo'lishi mumkin), bunday tartibga soluvchi elementda quvvat yo'qotishlari juda kichik va amalda bu erda samaradorlik 95% ga yetishi mumkin. yoki undan ko'p.

Kalitlari bo'lgan quvvat regulyatorlari kommutatsiya quvvat manbalari deb ataladi va agar ular chiqish kuchlanishini barqarorlashtirsa, u holda kuchlanish stabilizatorlarini almashtirish. Bilan solishtirganda Uzluksiz kuchlanish stabilizatorlari bilan impuls manbalari sezilarli darajada yuqori samaradorlikka ega emas, lekin qo'shimcha ravishda quyidagilarni olishga imkon beradi:

- chiqish kuchlanishi kirishdan kattaroq;
- kirish bilan galvanik ravishda bog'lanmagan chiqish kuchlanishi; kenglikda (50% dan ortiq) chiqish kuchlanishini

barqarorlashtirish

kirishni o'zgartirish diapazoni;

- o'nlab yoki undan ko'p vatt chiqish quvvati bilan - sezilarli darajada kichikroq og'irlik va o'lchamlar.

Impulsi manbalarning kamchiliklari:

- kontaktlarning zanglashiga olib keladigan kuchlanish va oqimlarning impulsi tabiati, bu ba'zan yukda, birlamchi quvvat manbaida va atrofdagi kosmosda juda kuchli shovqinlarni keltirib chiqaradi va murakkab tekislash filtrlaridan foydalanishni, ehtiyotkorlik bilan ekranlashni va dizaynni batafsil o'rganishni talab qiladi ;

- teskari aloqa bilan impuls qurilmalarining barqarorligini ta'minlashda muayyan qiyinchiliklar;

- o'tish davrining nisbatan katta (uzluksiz qurilmalarga nisbatan) davomiyligi.

qurilish tamoyillari va sxema echimlari bilan ajralib turadi . Quyida biz oraliq energiyani saqlash va oraliq energiya saqlashsiz kommutatsiya regulyatorlarining eng keng tarqalgan turlarini ko'rib chiqamiz .

Oraliq omborlarga ega bo'lgan kommutatsiya quvvat manbalari ikki davrli ishlash bilan tavsiflanadi, ulardan birida energiya induktiv lasan (chok) yoki kondansatkichda to'planadi, ikkinchisida - energiya yukga o'tkaziladi.

### **DC/DC konvertorlarining asosiy topologiyalari.**

davri o'rtasida galvanik izolyatsiyaning mavjudligi yoki yo'qligiga qarab, DC / DC konvertorlarining barcha mavjud topologiyalarini ikkita asosiy qismga bo'lish mumkin .

## **Izolyatsiya qilinmagan konvertorlar**

Kalit element va rektifikator elementining holatiga qarab, quyidagi asosiy turdagi konvertorlar amalga oshirilishi mumkin :

- asosiy element va chokning ketma-ket ulanishi bilan pastga tushadigan kommutatsiya regulyatori;
- parallel ulangan asosiy element va ketma-ket ulangan gaz kelebeği (boost regulyatori) bilan bosqichma-bosqich kommutatsiya regulyatori;
- gaz kelebeğining parallel ulanishi (ko'tarilish regulyatori) bilan yuqoriga / pastga tushadigan kommutatsiya regulyatori .

Hozirgi vaqtda asosiy elementlar sifatida har xil turdagi dala effektli tranzistorlar (FET) va izolyatsiyalangan eshikli bipolyar tranzistorlar (IGBT) keng qo'llaniladi.

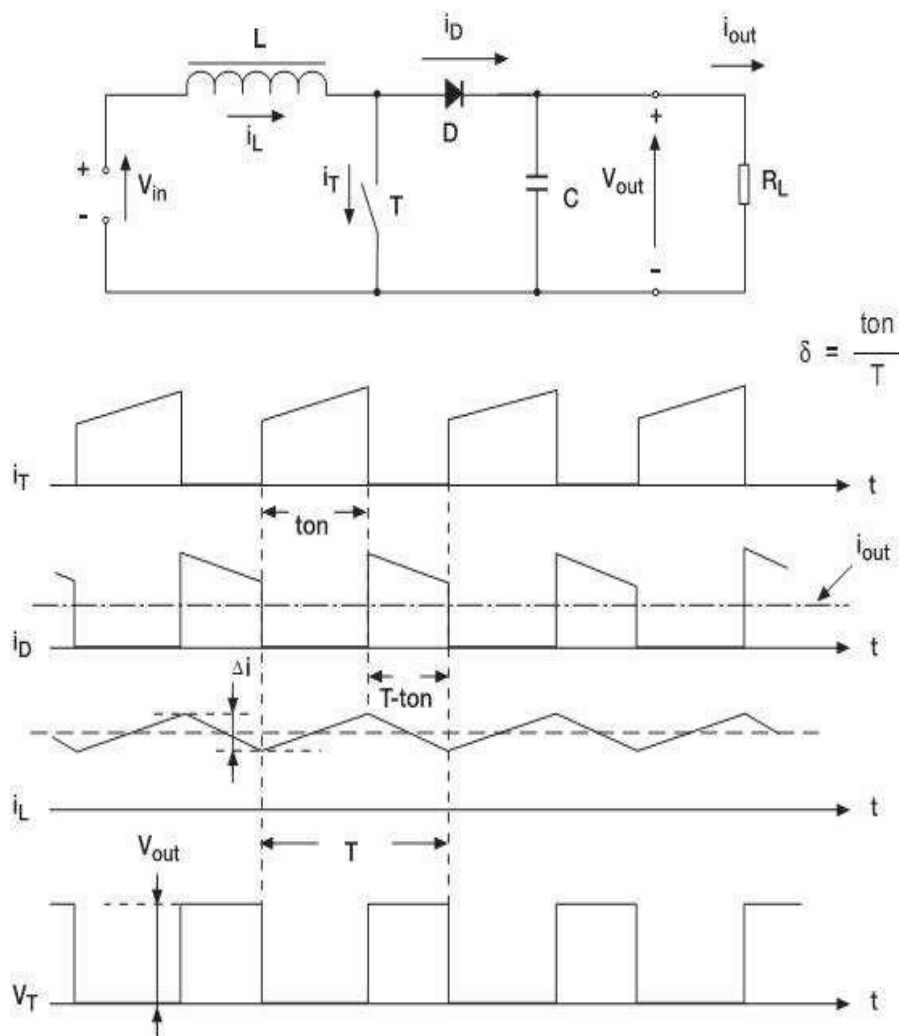
### **Pastga tushadigan kommutatsiya kuchlanish regulyatori**

Birlamchi kuchlanish manbai  $T$  kalit elementi yordamida  $f = 1/T$  chastotasi bilan o'zgaradi, kalitning ochiq holati vaqti  $t_{on}$  , shunday qilib, tranzistorning o'tkazuvchanlik holatini to'ldirish koeffitsienti  $\delta = t_{on}/T$  ga teng. Manba chiqish kuchlanishini  $V_{out} = V_{in} \cdot \delta$  deb yozish mumkin .

### **Kommutatsiya kuchlanish regulyatorini kuchaytiring**

Oddiy ish paytida energiya induktordan yukga oqib o'tadi va keyin chiqish kondansatkichlarida saqlanadi. Shu sababli, chiqish kondansatörü oldingi holatga qaraganda ancha yuklangan holatda . - Berilgan kontaktlarning zanglashiga olib chiqish kuchlanishi quyidagicha aniqlanadi

$$V_{out} = V_{in} / (1 - \delta).$$

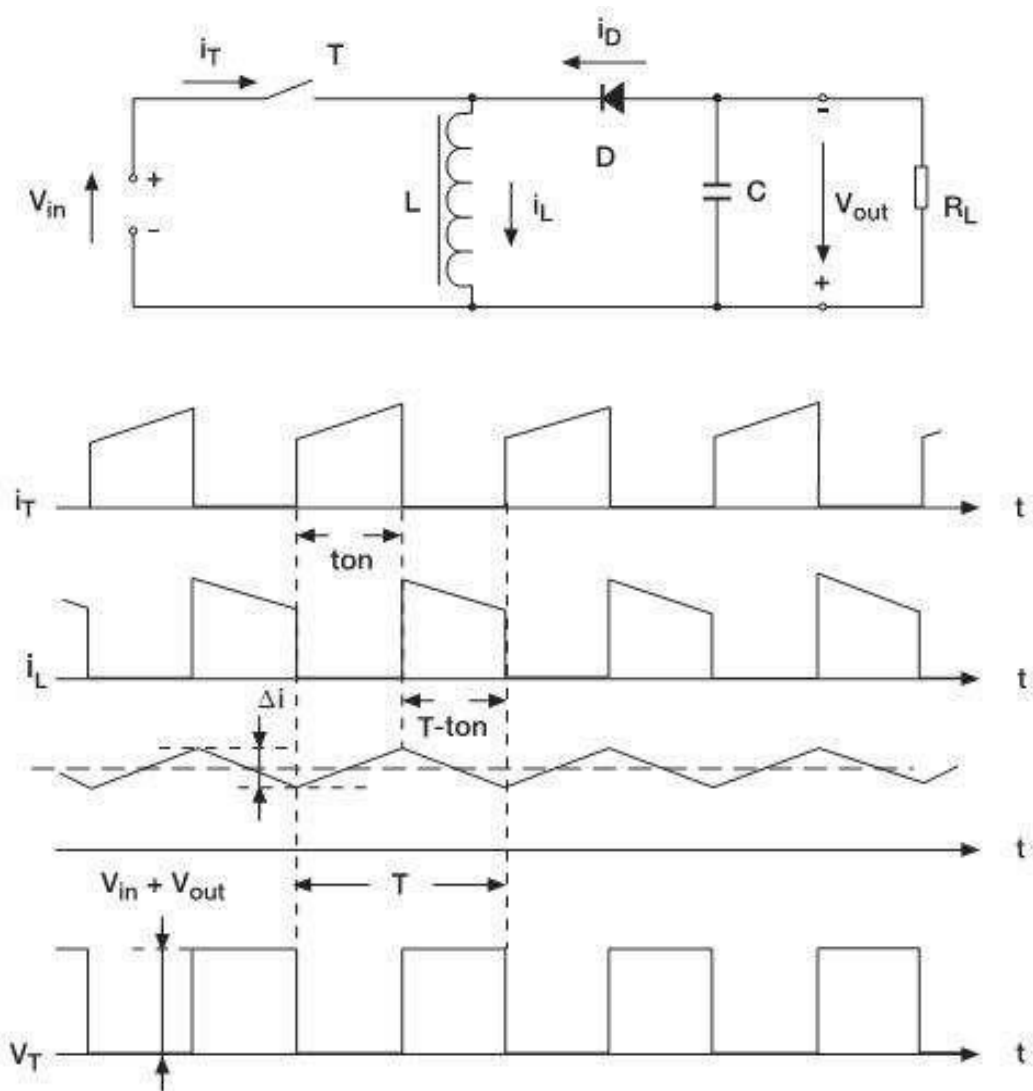


5.3-rasm. Pastga tushadigan kommutatsiya kuchlanish regulyatori

### KUCHAYTIRILGAN PULSATSİYALANUVCHI KUCHLANISH REGULYATORI.

Agar to'ldirish koeffitsienti 0,5 dan kam bo'lsa, konvertatsiya sodir bo'ladi pastga tushirish rejimida, agar 0,5 dan ortiq bo'lsa, u holda konvertorlar yuqoriga ko'tarilish rejimida ishlaydi. Berilgan kontaktlarning zanglashiga olib chiqish kuchlanishi quyidagicha aniqlanadi

$$V_{out} = V_{in} \delta / (1 - \delta)$$

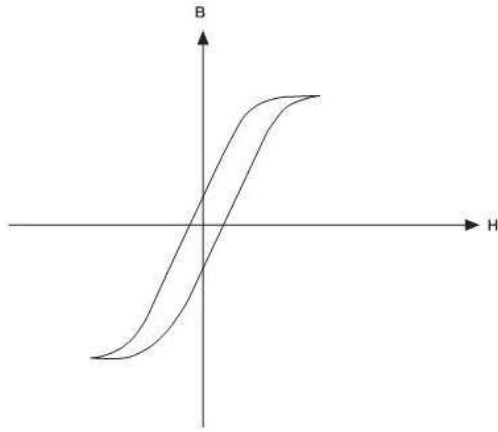


**5.4-rasm.** Kuchaytirilgan pulsatsiyalanuvchi kuchlanish regulyatori

### Izolyatsiya qilingan transduserlar

Izolyatsiya qilingan konvertorlar odatda transformator yadrosidagi magnet maydon tebranish aylanishiga ko'ra tasniflanadi (magnitlanish davri)  $B - H$ . Izolyatsiya qilingan konvertorlar, ularda ishlaydigan magnetlanish egri bitta kvadrantda qoladi (quyidagi rasimga qarang) mos ravishda assimetrik deyiladi . boshqalar simmetrik deb ataladi.

Nosimmetrik quvvat manbai uchun gisterezis egri chizig'i 5.5-rasmda ko'rsatilgan.



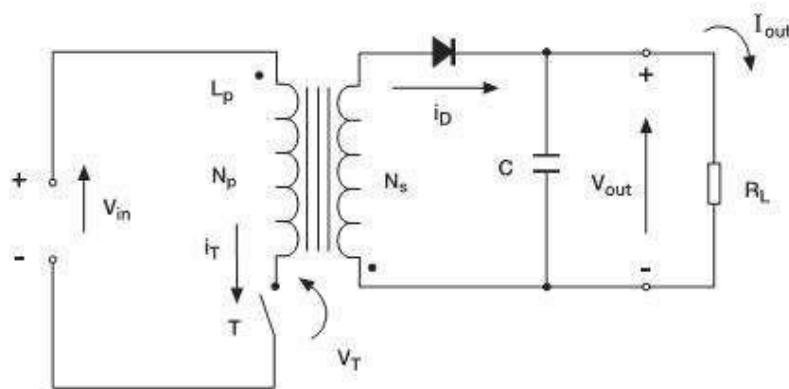
**5.5-rasm.** Nosimmetrik quvvat manbai uchun gisterezis egri chizig'i

### **Assimetrik transduserlar. Avtonom teskari konvertorlar.**

Konverter sxemasi quyidagi rasmda ko'rsatilgan. Kalit o'tkazuvchan holatda bo'lgan vaqt ichida energiya transformatorning  $L_p$  birlamchi o'rashida saqlanadi va kalit o'chirilgan holatda bo'lganda ikkilamchi o'rashga o'tkaziladi.

Mustaqil flyback konvertorlari odatda 30 Vt dan 250 Vt gacha bo'lgan chiqish quvvati oralig'ida qo'llaniladi. Flyback topologiyasi asosan arzon narxlardagi ko'p chiqishli kommutatsiya quvvat manbalari uchun ishlatiladi, chunki chiqishda qo'shimcha induktiv filtr ishlatilmaydi.

Izolyatsiya qilingan bitta kalitli uchib ketish konvertori 5.6-rasmda ko'rsatilgan.

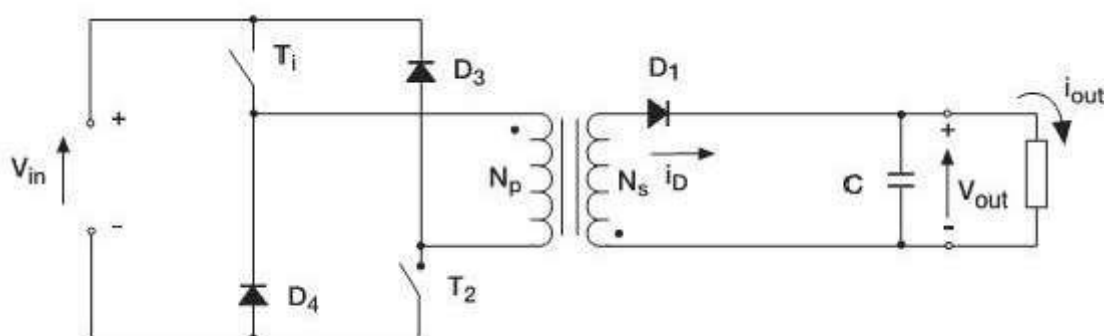


**5.6-rasm.** Izolyatsiya qilingan yagona kalitli qaytish konvertori



Yagona o'chirgichli uchish davri bo'lsa, har safar o'chirilganda, o'ta kuchlanishning ko'tarilishlari qo'llaniladi . Ushbu kuchlanishning eng yuqori qiymatlari o'tish vaqti, kontaktlarning zanglashiga olib keladigan sig'imi va transformatorning birlamchi sariqlardan ikkilamchi o'rashga oqish induktivligi bilan belgilanadi . Shunday qilib, bitta kalit sxemasi deyarli har doim ta'minlangan kuchlanishni cheklash sxemasidan foydalanishni talab qiladi. Oqish induktansinin ta'sirini kamaytirish uchun ikki kalitli uchib ketish sxemasi qo'llaniladi. Ikki demagnetizatsiya qiluvchi diodlar (D1 va D3) kalitlardagi kuchlanishni energiyani yo'qotmasdan doimiy kirish kuchlanishining  $V$  qiymatiga cheklaydi . Ushbu yechim yuqori chastotalarda va shunga mos ravishda yuqori samaradorlik bilan ishlashga imkon beradi. Biroq, bu topologiya yuqori kalit boshqaruvini talab qiladi, bu esa sxema topologiyasini murakkablashtiradi. Ushbu uchib ketish sxemasi, shuningdek, assimetrik yarim ko'priqli uchib ketish konvertori sifatida ham tanilgan .

Izolyatsiya qilingan ikki kalitli uchib ketish konvertori 5.7-rasmda ko'rsatilgan.



**5.7-rasm.** Izolyatsiya qilingan ikkita kalitli orqaga qaytish konvertori

## INTELLEKTUAL BOSHQARUVCHI

Aqlli shamol turbinasi boshqaruvchisiga qo'yiladigan umumiy talablar:

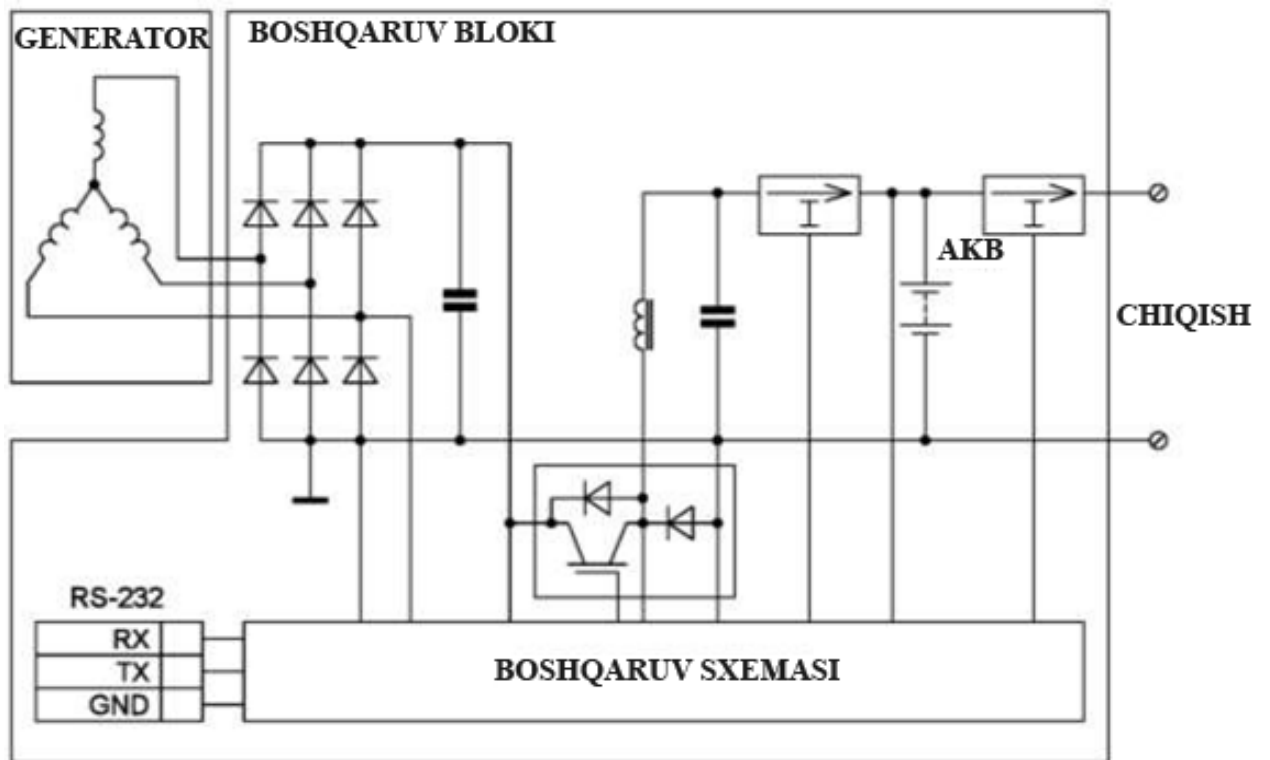
- Nazoratchi batareyani zaryad qilish va yukni quvvatlantirish uchun generatordan olingan quvvatni taqsimlashni boshqarishi kerak.
- tashqi parametrlarni (mavjud quvvat, yuk quvvati, batareyani zaryadlash oqimi va boshqalar) o'lchash asosida generatordan quvvat olishning optimal ish rejimlarini tanlashi kerak .
- himoya rejimiga o'tkazib, generatorni o'chirishi kerak .
- Tekshirish moslamasi batareyani doimiy kuchlanish rejimida zaryad oqimini cheklash bilan zaryadlashi kerak, agar etarli miqdorda ishlab chiqarilgan quvvat mavjud bo'lsa.
- Tekshirish moslamasi batareyaning ortiqcha zaryadsizlanishini oldini olishi kerak.
- Tekshirish sxemasi dasturlashtiriladigan mikrokontrollerga asoslangan. Konfiguratsiya, diagnostika va dasturlash uchun - kontroller RS-232 interfeysiga ega bo'lishi kerak.

Intellectual boshqaruvchi balkim qurilgan tomonidan sxema pastga tushirish yoki kuchaytirish (yoki boshqa) kommutatsiya regulyatori, bir nechta qayta aloqa halqalari bilan.

Optimal boshqaruv algoritmini ta'minlash uchun o'lchangan parametrlar:

Batareyadagi kuchlanish va oqim. Ish yukining kuchlanishi va oqimi Generator fazasi oqimi chastotasi va kuchlanishi

Generatordan olingan quvvatni tartibga solish algoritmi



**5.8-rasm.** Intellektual kontroller blok sxemasi

Shamol elektr stantsiyasi:

1. Yuklash pallasida kuchlanish va oqimni o'lchash, bir lahzalik quvvat sarfini hisoblash.
2. Generator fazasida oqim chastotasini o'lchash va shamol g'ildiragining rotor tezligini hisoblash.
3. Rotor tezligi va rotor quvvat jadvali yordamida mavjud quvvatni aniqlash.
4. Maksimal ruxsat etilgan batareyani zaryadlash quvvatini aniqlash, maksimal ruxsat etilgan batareya zaryadlash oqimi va batareya kuchlanishidan foydalangan holda.
5. Vaqtning ma'lum bir nuqtasi uchun umumiy talab qilinadigan quvvatni hisoblash.
6. Ruxsat etilgan va talab qilinadigan vakolatlarni taqqoslash va ularning minimalini aniqlash.

7. Regulyatorning teskari aloqa zanjirlarida raqamli potansiyometrlar yordamida oldingi hisob-kitoblar asosida o'chirilgan haqiqiy quvvatni o'rnatish.

*Izoh:*

Nazoratchi, regulyator yoki konvertor deb ham ataladigan shamol turbinasi boshqaruv tizimining dizayni butun shamol turbinasining ishlashi, rotorning geometriyasi (shamol g'ildiragi), shamol turbinasi arxitekturasi (o'zaro joylashishi) bilan uzviy bog'liqdir. Komponentlar, energiyani mexanik qismdan elektr qismga o'tkazish printsipi va boshqalar. Shu munosabat bilan, elektron boshqaruvchi, qoida tariqasida, universal emas, aksincha, ma'lum bir generator va shamol turbinasi o'lchamiga qat'iy bog'langan. Biroq, boshqa tomondan, boshqaruvchining nisbiy ko'p qirraliligiga uning tarkibiy qismlarining modulli dizayni orqali erishish mumkin.

## **6. SHAMOL TURBINASIGA INVERTOR TURINI TANLASH**

Inverterni tanlash oddiy protsedura, ammo e'tiborga olinishi kerak bo'lgan ko'plab nozikliklar mavjud. Ba'zi inverterlar energiya kompaniyalari kabi chiqishda sof sinus to'lqin hosil qiladi. Fazali og'ish +/- 2%. Bunday qurilmaning narxi ancha yuqori. Boshqa inverterlar kvas-sinus to'lqinini ishlab chiqarishi mumkin. Ular sof sinus to'lqinini 3-6 marta ishlab chiqaradigan qurilmalardan arzonroqdir. Bunday holda, joriy egri trapezoidga, to'rtburchakka yoki uni buzadigan parazitlar harmoniklarga ega sinusoidga o'xshaydi. Bunday raqamlar va sof sinusoidlar sohasidagi farq issiqlik yo'qotishlari to'plamidir. Ushbu

parazit harmoniklar issiqlik yo'qotilishini keltirib chiqaradi, lekin ko'pchilik maishiy texnikaga (isitgichlar, cho'g'lanma lampalar, filtrli elektr jihozlari va boshqalar) mutlaqo ta'sir qilmaydi, lekin elektr motorlari (muzlatgich, kir yuvish mashinasi, nusxa ko'chirish mashinasi ) bo'lgan qurilmalarga oldindan aytib bo'lmaydigan ta'sir ko'rsatishi mumkin. elektr burg'ulash, ventilyatorlar va boshqalar) sinusoid tarkibidagi parazit garmoniklar dvigatel o'rashlarini qizdirishi va jihozning haddan tashqari qizib ketishiga olib kelishi mumkinligi sababli.

Kuchli sinusoidal inverterni sotib olish narxini pasaytirish uchun - turli xil tarmoqlarni (sinusoidal kuchlanish va kvazi-sinusoidal kuchlanish) iste'molchining binolari bo'ylab elektr jihozlarini tegishli ravishda "o'z" tarmog'iga kiritish bilan taqsimlash yechim bo'lishi mumkin.

Masalan, har biri 3 kVt quvvatga ega ikkita shamol turbinasi sotib olindi. 6 kVt quvvatga ega bitta inverter yoki sinusoidal chiqishga ega ikkita 3 kVt invertor sotib olishingiz shart emas. Yechim quyidagicha bo'lishi mumkin: biri sinusoidal chiqishi bo'lgan inverter tomonidan quvvatlanadi, undan sovutgich , kir yuvish mashinasi, elektr matkap, fanatlar va boshqalar quvvatlanadi . Ikkinchisi esa isitgichlar, kompyuterlar, telefonlar, fakslar, cho'g'lanma lampalar, sensorlar va boshqalarni quvvatlaydigan kvazinusoidal chiqishga ega inverterni ta'minlaydi. Bu holda yagona muammo xonada qo'shimcha simlarni o'rnatish bo'ladi.

## **Topshiriq 6.1-. Shamol turbinasi invertor turini tanlashni o'rganish**

Ob'ektni avtonom elektr ta'minoti uchun inverter turini aniqlaydi.

### Hisoblash usuli

1. Qaysi qurilmalar sinusoidal va kvazi-sinusoidal kuchlanish bilan quvvatlanishi mumkinligini aniqlang. Qurilmalarni jadvalga kiriting va iste'mol jadvaliga muvofiq ularning quvvatini hisoblang.

1.1. Sinusoidal (chiqish kuchlanish turi - sof sinus to'lqini, amplituda o'zgarishi  $\pm 2\%$  ).

Ushbu turdagi istisnosiz mos keladigan quvvatning barcha elektr jihozlari uchun javob beradi.

1.2. Kvazi-sinusoidal (chiqish kuchlanish turi trapezoid yoki to'rtburchak shaklida sinusoidga yaqin).

Ushbu turdagi katta prognozli issiqlik chiqarishsiz kam quvvatli elektronikadan foydalanadigan elektr jihozlari uchun javob beradi.

Oldindan filtrlashsiz elektr motorlari bo'lgan asboblarni, elektr mashinalarni, yuqori aniqlikdagi o'lchash asboblarini va boshqalarni ishlatish qat'iy man etiladi.

2. Inverter turini aniqlang yoki ikkala turni ham ishlatishga qaror qiling. Har bir inverterning quvvatini hisoblang.

### *Hisoblash misoli 1*

#### Dastlabki ma'lumotlar :

1.1-topshiriqdan elektr jihozlari.

#### Toping:

Ob'ektni quvvatlantirish uchun mos bo'lgan inverter turi. Qo'shimcha simlarni o'rnatish va ishlatiladigan invertorlarning birlik quvvatini kamaytirish bo'yicha tavsiyalar bering.

6.1-jadval

**Har qanday kuchlanishda ishlaydigan elektr jihozlari (sinusoid yoki kvazi-sinusoid)**

| Elektr asbob        | O'rnatilgan quvvat $P_i, V_t$ | Bir lahzali quvvat sarfi $P_i, V_t$ |      |        |       |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------|--------|-------|
|                     |                               | Ertalab                             | kun  | Oqshom | Kecha |
| televizor           | 300                           | 300                                 | 0    | 300    | 0     |
| Video yozuvchisi    | 120                           | 0                                   | 0    | 120    | 0     |
| Kompyuter           | 400                           | 0                                   | 0    | 400    | 0     |
| DVD player          | 120                           | 0                                   | 0    | 120    | 0     |
| Audio pleer         | 100                           | 100                                 | 0    | 100    | 0     |
| elektr pechka       | 1500                          | 1500                                | 0    | 1500   | 0     |
| Mikroto'lqinli pech | 1500                          | 1500                                | 0    | 0      | 0     |
| Faks apparati       | 100                           | 100                                 | 0    | 0      | 100   |
| Akkor lampalar      | 1000                          | 1000                                | 1000 | 1000   | 1000  |
| Qandil              | 400                           | 400                                 | 0    | 400    | 0     |
| Sintezator          | 100                           | 0                                   | 0    | 100    | 0     |
| Elektr choynak      | 2000                          | 2000                                | 0    | 2000   | 0     |
| Temir               | 1800                          | 0                                   | 0    | 1800   | 0     |
| Kofe qaynatgich     | 300                           | 300                                 | 0    | 300    | 0     |
| Mikser              | 200                           | 0                                   | 0    | 200    | 0     |
| Toster              | 300                           | 300                                 | 0    | 0      | 0     |
| Telefon apparati    | 20                            | 20                                  | 20   | 20     | 20    |
| Signal              | 20                            | 0                                   | 20   | 0      | 0     |
| JAMI:               | 10280                         | 7520                                | 1040 | 8360   | 1120  |

Inverter turini aniqlang va ikkala turni ham ishlatishni hal qiling.

Yechim:

Sinusoidal va kvazi-sinusoidal kuchlanishlarni etkazib berish imkoniyatiga mos keladigan qurilmalarni aniqlaymiz va ularni ikkita jadvalga joylashtiramiz.

Har bir inverterni quvvatini hisoblang.

Jadvallardan ko'rinib turibdiki, kvazi-sinusoidal kuchlanish bilan quvvatlanishi mumkin bo'lgan elektr jihozlarining umumiy quvvati - sinusoidal kuchlanish bilan ishlaydigan asboblardan ustundir.

6.1-jadvaldan kvazi-sinus to'lqinida ishlaydigan asboblarning kuchi kechqurun cho'qqisida maksimal 8,360 kVtni tashkil qiladi.

6.2-jadvaldan sinus to'lqinida ishlaydigan asboblarning kuchi kechqurun cho'qqisida maksimal 3700 kVtni tashkil qiladi.

6.2-jadval

**Elektr jihozlarining quvvati va sinusoidal kuchlanishda ishlaydigan asboblarning bir lahzali quvvat sarfi**

| elektr asbob           | O'rnatilgan quvvat<br>$P_i, Vt$ | Bir lahzali quvvat sarfi $P_i, Vt$ |     |            |       |
|------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----|------------|-------|
|                        |                                 | Ertalab                            | kun | Oqsho<br>m | Kecha |
| Idish yuvish mashinasi | 1500                            | 0                                  | 0   | 1500       | 0     |
| Kir yuvish mashinasi   | 500                             | 0                                  | 0   | 500        | 0     |
| Chang yutgich          | 1300                            | 0                                  | 0   | 1300       | 0     |
| Mikser                 | 200                             | 0                                  | 0   | 200        | 0     |
| soch quritgich         | 200                             | 0                                  | 0   | 200        | 0     |
| JAMI:                  | 3700                            | 0                                  | 0   | 3700       | 0     |

Kvazi-sinusoidal invertorning narxi sinusoidalning 30-50% ni tashkil etishini hisobga olsak, kichik quvvat chegarasi bilan ob'ekt ichida ikkita mos keladigan elektr simlarini o'rnatish bilan ikkita turdagi inverterlarni tanlash foydalidir:

- Kvazi-sinusoidal inverter - quvvat  $P_I = 9 \text{ kVt}$ ;
- sinusoidal inverter - quvvat  $P_I = 4 \text{ kVt}$ ;

*Eslatma* : 9 kVt quvvatga ega "o'zgartirilgan sinus" (kvazsi-sinus) chiqishi bo'lgan inverterlar amalda juda kam uchraydi. 3 kVt quvvatga



ega uchta kvazisinus to'liqinli inverterni uchta mustaqil tarmoqqa ulash orqali o'rnatish mumkin.

## **BATAREYA QUVVATINI HISOBLASH**

### **Topshiriq 7.1 Akkumulyator batareyasining quvvatini hisoblash**

Elektr energiyasi ishlab chiqarilgandan so'ng darhol iste'mol qilinishi kerak. Agar shamol turbinasi energiya ishlab chiqarsa, lekin iste'mol bo'lmasa, uni saqlash kerak. Bundan tashqari, qisqa muddatli quvvat cho'qqilarini qoplash uchun minimal iste'mol paytida ortiqcha energiyani saqlaydigan va qisqa vaqt ichida maksimal iste'mol paytida saqlangan energiyani chiqaradigan energiya zaxirasi kerak.

Energiya saqlash qurilmalari keng assortimentni ifodalaydi . Energiyani mexanik qurilmalarda (maholanni aylantirish, og'ir plitalarni ko'tarish), gidravlik tizimlarda (suvni keyinchalik gidravlik turbina orqali in'ektsiya qilish), vodorodni saqlash (elektrolizatorlarda vodorod hosil qilish, yonilg'i xujayralarida saqlash va keyingi oksidlanish) saqlanishi mumkin. kimyoviy saqlash (kislotali, gidroksidi, nikel-kadmiy, litiy-ion va boshqa batareyalar) va boshqalar.

Elektr energiyasining eng oddiy to'planishiga misol sifatida ushbu muammoda ko'rib chiqiladigan an'anaviy avtomobil akkumulyatori bo'lishi mumkin.

#### Hisoblash usuli

1. 1.1-topshiriq yechimining ma'lumotlarini hisobga olgan holda, maksimal energiya iste'moli davrlarida ob'ektning quvvat sarfini aniqlang (1.2-jadval). T iste'mol qilish vaqtini aniqlang.

T vaqt davomida har soatda energiya vaqt birligi uchun sarflangan quvvatga teng iste'mol qilinadi:

$$P_{kech} = \frac{E_{kech}}{T}, \text{ Vt} \quad (7.1)$$

1.5.1-topshiriqdagi  $U_{iste}$  kuchlanishini va  $P_{kech}$  quvvat sarfini hisobga olib,  $I_{iste}$  iste'mol oqimini toping. Ushbu qiymatlar bilan o'zaro bog'langan:

$$P_{kech} = U_{iste} \cdot I_{iste}, \text{ V.} \quad (7.2)$$

2. Batareya to'plamining umumiy quvvatini aniqlang:

$$C_{AKB} = I_{iste} \cdot T \cdot A \text{ g soat.} \quad (7.3)$$

Biroq, bu iste'molchiga berilishi kerak bo'lgan batareya paketining umumiy quvvati. Tem Yo'q Ozroq, kimyoviy batareya \_ Yo'q 50% dan ortiq tushirish tavsiya etiladi. Shuning uchun,  $C_{AKB}$  batareyasining haqiqiy sig'imini olish uchun  $C_{AKBhaqi}$  batareyasining qiymati ikki baravar oshirilishi kerak:

$$C_{AKBhaqi} = C_{AKB} \cdot 2 \text{ A*soat} \quad (7,4)$$

3. Bitta batareyaning sig'imi  $C_i$  ni aniqlang, shundan kelib chiqib, jami ketma-ket ulangan batareyalarning parallel ulangan kaskadlarining quvvatlarining yig'indisi sifatida ifodalanishi mumkin:

$$C_{AKBhaqi} = C_i \cdot m \text{ A*soat} \quad (7.5)$$

$C_i$  bozorda mavjud bo'lgan batareyalarning sig'imli diapazoni asosida tanlanadi. Qoida tariqasida, ushbu seriya 50, 55, 60, 65, 70,75, 90, 120, 190, 200, 400 va boshqalar sig'imlari bilan ifodalanadi. Oh. Ishlab chiquvchi eng qulay variantni tanlaydi.

4. Davr uchun shamol elektr stantsiyasi ushbu batareyalarni kerakli darajada zaryad qila oladimi yoki yo'qligini tekshirish kerak.  $T_i$

o'rganish davridan oldingi  $T_{i-1}$  vaqt oralig'ida shamol turbinasidan qancha energiya olinishi kerakligini aniqlash kerak .

Ushbu ma'lumotlarni olish mumkin:

– 1.1-topshiriqda berilgan 1.2-jadvaldan oldingi davr  $T_{i-1}$  davomiyligi .

– shamol turbinasining  $P$  quvvati 2-ilovaning I.2.1 - I.2.3 jadvallaridan aniqlanishi mumkin.

$T_{i-1}$  davrida ShES dan olingan  $E_{ShES-T}$  energiyasi :

$$E_{ShES-T} = P_{mgnShES} \cdot T_{i-1}, \quad (7.6)$$

Olingan qiymatni iste'mol qilingan energiya bilan solishtirish kerak va undan oshishi kerak:

$$E_{ShEQ-T} \geq E_{ShES} Vt. \quad (7.7)$$

5. O'rganilayotgan ob'ekt uchun batareyalarning qo'llanilishi to'g'risida xulosa chiqaring. Agar qoniqarsiz natija olinsa, tegishli qayta hisob-kitoblarni amalga oshirish kerak. Masalan, shamol turbinalarining quvvatini va/yoki sonini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va h.k.

*Hisoblash misoli 1*

Dastlabki ma'lumotlar :

1.1-topshiriqdan maksimal energiya sarfi. Bitta akkumulyatorning kuchlanishi  $U_{AKM} = 12V$ .

Toping:

Iste'molchiga kafolatlangan elektr ta'minotini ta'minlash uchun batareyalar soni .

Yechim:

1. Ob'ektning eng yuqori energiya sarfini va iste'mol qilish davomiyligini topib, maksimal energiya iste'moli davrlarida ob'ektning quvvat sarfini aniqlaylik .

1.1-topshiriq 1.2-jadvalni o'z ichiga oladi, bu erda energiya iste'moli ertalab, tushdan keyin, kechqurun va tungi soatlarda hisoblanadi. Energiya iste'molining maksimal qiymati kechki soatlarda

$$E_{kech} = 26500 \text{ Vt}\cdot\text{soat}.$$

Iste'mol qilish vaqti taxminan 4 soatni tashkil qiladi. Shuni ta'kidlash kerakki, bunday nisbat ushbu misolda keltirilgan va o'rganilayotgan boshqa ob'ektlarning ish jadvallaridan farq qilishi mumkin. Keyin quvvat sarfi:

$$P_{kech} = \frac{E_{kech}}{T} = \frac{26500}{4} = 6625, \text{ Vt}$$

2. Regulyatorning doimiy kuchlanishini hisobga olgan holda  $U_{REG}$  \u003d 48V, 5.1-topshiriqda aniqlangan va quvvat sarfi  $P_{HAM}$ , biz (7.2) formuladan  $I_{REG}$  iste'mol oqimini topamiz :

$$I_{iste} = \frac{P_{kech}}{U_{iste}} = \frac{6625}{48} = 138, \text{ A}$$

Batareya paketining umumiy sig'imi (7.3) va (7.4) formulalardan olinishi kerak:

$$C_{AKBhaqi} = C_{AKB} \cdot 2 = C_{AKB} = I_{ise} \cdot T_{kech} \cdot 2 = 138 \cdot 4 \cdot 2 = 1104 \text{ A}\cdot\text{soat}.$$

4. Bitta akkumulyator  $C_i$  quvvatini (7.5) formuladan topish mumkin. Parallel ulangan kaskadlar soni batareya quvvati qanchalik kichik bo'lsa, uning narxi past bo'lganligi asosida aniqlanadi. Masalan, ketma-ket ulangan 4 ta akkumulyatorning  $m=4$  kaskadlari bo'lsin. Keyin:

$$C_i = \frac{C_{AKBhaqi}}{m} = \frac{1104}{4} = 276, A^*soat$$

Shunday qilib, har birining quvvati kamida 276 Ah bo'lgan 16 dona batareyalarni tanlash kerak. Bundan tashqari, ular 4 ta parallel ulangan kaskadda, 4 ta ketma-ket ulangan batareyalar kaskadda ulanadi. Misol uchun, biz 300 Ah bo'lgan 16 ta batareyani tanlaymiz.

7. Keling, olingan natijani tekshiramiz, ya'ni. Keling, shamol turbinasi o'rtacha shamol tezligida oldingi davr uchun batareyalarni zaryad qila oladimi yoki yo'qligini aniqlaylik.

1.1-masalada keltirilgan 1.2-jadvaldan oldingi, ya'ni davomiyligini topamiz. kun davri  $T_{kun}$  :

$$T_{kun} = 10 \text{ soat.}$$

2-ilovaning A.2.1-jadvalidan biz quvvatni aniqlaymiz  $P_{mgnVEU-3}$ , shamol elektr stantsiyasi tomonidan 5 m / s shamol tezligida chiqarilgan:

$$P_{mgnShEQ-3} = 0,4 \text{ kVt.}$$

DEN davrida bitta WEU-3 dan olingan  $E_{WEU-DEN}$  energiyasi :

$$E_{ShEQ-kun} = P_{mgnShEQ-3} T_{kun} = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ kVt soat.}$$

2.1-topshiriqda elektr ta'minoti uchun 2 ta ShEQ-3 birligi tanlangan. Keyin kundalik davrda  $T_{kun}$  davomida ishlab chiqarilgan jami energiya ikki barobarga oshirilishi kerak va 8 kVt soatni tashkil qiladi.

Biroq, bu ob'ektning energiya iste'moli uchun etarli emas  $E_{EPM}$ , bu 26,5 kVt soat.

Xulosa:

Muammoning birinchi yechimi: shamol turbinalari sonini 7 donagacha oshirish kerak, shunda energiya ishlab chiqariladi.

$$E_{ShEQ-kun} = P_{mgnShEQ-3} T_{kun} K_{ShEQ-3} = 0,4 \cdot 10 \cdot 7 = 28 \text{ kVt soat.}$$

bu erda  $K_{ShEQ-3}$  – shamol turbinalari soni-3

Muammoning ikkinchi yechimi: parametrlarni mos ravishda qayta hisoblash bilan bir yoki ikkala shamol turbinasining nominal quvvatini oshirish kerak.

Muammoning uchinchi yechimi: energiya sarfini kamaytirish kerak. Bu variant eng samarali hisoblanadi, chunki. Yo'llardan biri energiya tejash choralari bo'lishi mumkin - cho'g'lanma lampalarni LED yoritgich bilan almashtirish, issiqlik nasoslari bilan isitish, yorug'likni avtomatik ravishda o'chirish va vaqtincha talab qilinmaydigan xonalarda isitish darajasini pasaytirish uchun mavjudlik sensorlarining mavjudligi. Energiyani tejash chora-tadbirlariga qo'shimcha ravishda, oldingi kun davrida kuchli shamol ehtimoli bor va keyin shamol turbinasidan olingan energiya miqdori ko'proq bo'ladi.

## **IQTISODIY SAMARADORLIK KO'RSATKICHLARI**

### **Topshiriq 8.1 Shamol turbinalarining tannarxini hisoblash**

8.1  $C_{ShES-N}$  shamol elektr stantsiyasining narxini hisoblash batareyalar, yetkazib berish va o'rnatish xarajatlarini hisobga olmagan holda komponentlar narxiga asoslanadi. Asosiy asosiy ma'lumotlar nominal quvvati 1 kVt (ShEQ-1) bo'lgan o'rtacha shamol elektr stantsiyasi uchun jadvalda keltirilgan.

*8.1-jadval*

#### **Komponentlarning narxi va ShEQ-1 ni o'rnatish Umuman $C_{ShEQ-1}$ bilan**

| ShES qurilmalari             |  | Narhi, sum |
|------------------------------|--|------------|
| Minora 12 m                  |  | 4987800    |
| Ступица                      |  | 7824000    |
| Aerodinamik boshqaruv tizimi |  | 2542800    |

|  |      |          |
|--|------|----------|
| Qushimcha mexanizmlari (multiplikator halqa) | yoki | 1956000  |
| Parraklar                                    |      | 1956000  |
| Kontroller                                   |      | 293400   |
| Invertor                                     |      | 5868000  |
| Maxkamlagich, qoi'da yuklash                 |      | 978000   |
| Jami:  |      | 29046600 |

### Hisoblash usuli

$C_{ShES-N}$  shamol elektr stantsiyasining narxini 2.1-topshiriqda olingan nominal quvvatiga muvofiq hisoblang.

$C_{ShES-N}$  VEU-1 narxini va 30% ga oshishi bilan 1 kVt ga o'sishini hisobga oladigan empirik formula bo'yicha amalga oshiriladi. xarajat:

$$C_{ShES-N} = C_{ShES-1} \cdot (1 + 0,3 \cdot (N-1)) \text{ so 'm} \quad (8.1)$$

bu erda N - kVtdagi shamol turbinasining nominal quvvati.

Masalan:

$$C_{ShES-3} = 178200 \cdot (1 + 0,3 \cdot (3-1)) = 285120 \text{ so 'm}$$

$$C_{ShES-30} = 178200 \cdot (1 + 0,3 \cdot (30-1)) = 1728540 \text{ so 'm}$$

1.  $\Pi_{BOY-N}$  shamol turbinalarining sotish narxini tannarxga olingan qiymatning 50% miqdoridagi savdo belgisini qo'shish orqali hisoblab chiqadi:

$$S_{ShES-N} = C_{ShES-N} \cdot 1,5 \text{ so 'm} \quad (8,2)$$

2. Shamol turbinalarini amalga oshirish odatda shamol turbinalarini etkazib beradigan, o'rnatadigan va keyinchalik ularga xizmat ko'rsatadigan va ta'mirlaydigan diler orqali amalga oshiriladi. Dilerlik ish haqi D (ya'ni  $S_{ShES-N}$  sotuv narxidan chegirma) 10% gacha.

$$D = S_{ShES-N} \cdot 0,1 \text{ so 'm} \quad (8,3)$$

Hisoblashda dunyoning o'rtacha ko'rsatkichlari ishlatilgan, ammo - shamol turbinalari ishlab chiqaruvchisi ularni o'z xohishiga ko'ra o'zgartirishi mumkin.

### *Hisoblash misoli 1*

#### Dastlabki ma'lumotlar :

2.1-topshiriqning yechim ma'lumotlari.

#### Toping:

Shamol turbinalarining narxi va sotish narxi.

#### Yechim:

1. 2.1-topshiriq yechimidan kelib chiqadiki, nominal quvvati 3 kVt bo'lgan 2 ta ShES-3 shamol turbinasi tanlangan. Har bir shamol turbinasi-3 narxini hisoblash (8.1) formula bo'yicha amalga oshiriladi:

$$C_{ShES-3} = 178200 \cdot (1 + 0,3 \cdot (3-1)) = 285120 \text{ so 'm.}$$

2. Shamol turbinalarining sotish narxini hisoblash=3 (8.2) formula bo'yicha amalga oshiriladi:

$$S_{ShES-3} = C_{ShES-3} \cdot 1,25 = 285120 \cdot 1,25 = 427680 \text{ so 'm}$$

3. Dilerlik to'lovi D (8.3) formula bo'yicha hisoblanadi va:

$$D = S_{ShES-3} \cdot 0,1 = 427680 \cdot 0,1 = 42768 \text{ so 'm.}$$

### **Topshiriq 8.2 Shamol turbinalarining o'z-o'zini oqlash muddatini hisoblash**

Shamol elektr stantsiyasining o'zini oqlashini hisoblash juda qiyin, chunki. bu qiymat ko'pgina holatlarga bog'liq - boshlang'ich narx (ya'ni, shamol turbinasi narxi, shu jumladan etkazib berish va o'rnatish), mintaqadagi shamolning haqiqiy tezligi, kilovatt-soat narxi, texnik xizmat ko'rsatish chastotasi, zarurat. ta'mirlash va boshqalar.



Bundan tashqari, shuni tushunish kerakki, elektr uzatish liniyalaridan (elektr uzatish liniyalaridan) juda uzoq masofada joylashgan ob'ektda elektr ta'minoti mavjud bo'lmaganda, shamol turbinalarini joriy qilish iqtisodiy formulalar bilan emas, balki ko'proq ijtimoiy takomillashtirish bilan tavsiflanadi, chunki xarajatlar elektr tarmoqlarini o'rnatish, kichik iste'molchi uchun shamol turbinasi joylashtirishdan beqiyos ko'proq . Biroq, elektr uzatish liniyalari mavjud bo'lganda, hisob-kitoblar turli darajadagi xatolik va taxminlar bilan amalga oshirilishi kerak.

### Hisoblash usuli

1. 2.1-topshiriqdan shamol turbinasi nominal quvvati olinadi. 8- ilovaning A.8.1 - A.8.3-jadvallariga muvofiq, mintaqadagi o'rtacha shamol tezligi  $v_{o'r}$  asosida  $E_{yilShES-N}$  o'rtacha yillik energiya ishlab chiqarishni aniqlang.

2. 8.1-topshiriqdan  $S_{ShESY-N}$  o'rnatishning sotish narxini oling .

3. kVt/soat uchun xarajat  $C$  kVt-soatni mahalliy energetika kompaniyasidan olish mumkin. Vazifada bu ma'lumotlar boshlang'ich hisoblanadi.

4. ShES-N narxini va o'rganilayotgan mintaqada bir kilovatt-soat narxini bilib,  $T_{WEU-N}$  ni qoplash muddatini hisoblang .

WPP-ni qoplash muddati  $T_{WPP-N}$  formula bo'yicha hisoblanadi.

$$T_{ShES-N} = \frac{S_{ShES-N} + I_0 + I_p}{E_{yilShES} \cdot C_{kVt \cdot s}}, \text{ yil} \quad (8.4)$$

bu erda  $E_{yilShES}$  yillik elektr energiyasi ishlab chiqarish bo'lib, uni 8- ilovaning I.8.1 - I.8.3 jadvallaridan 2.1-topshiriqda olingan shamol turbinasining tegishli nominal quvvati bo'yicha topish mumkin. Yillar bilan o'lchanadi.

$I_O$  - WPP ta'mirlash xarajatlari. Ular, qoida tariqasida, shamol turbinasining butun ishlash muddati uchun  $S_{ShES-N}$  ning 20% dan ko'p bo'lmagan qismini tashkil qiladi.

$I_R$  - shamol turbinalarini ta'mirlash xarajatlari. Ular turli darajadagi ehtimollik bilan paydo bo'ladi. Amalda, taniqli ishlab chiqaruvchilarning shamol turbinalari ishlaganda, ular amalda nolga teng; C kVt soat - bir kVt soat narxi.

Shuni ta'kidlash kerakki, to'lov muddatining o'rtacha shamol tezligiga bog'liqligi kubikdir, shuning uchun shamol elektr stantsiyalarini kuchli barqaror shamolli joylarda o'rnatish tavsiya etiladi.

Hisoblash misoli

Dastlabki ma'lumotlar:

Mintaqada o'rtacha tezlik  $v_{o'r} = 5$  m/s

2.1-topshiriqning yechim ma'lumotlari, 8.1-topshiriq

Bir kilovatt soatning narxi = 100 so'm

Toping:

Yechim:

1. 2.1-topshiriqda shamol turbinasining nominal quvvati 3 kVt ekanligi aniqlandi. O'rtacha yillik ishlab chiqarishni aniqlaymiz  $E_{yilShES-3}$  mintaqadagi o'rtacha shamol tezligi  $v_{o'r} = 5$  m/s.

$$E_{yilShES-3} = 3456 \text{ kVt}\cdot\text{s}$$

2. 8.1-topshiriqda  $S_{ShES-3}$  o'rnatishni amalga oshirish narxi

$ShES$   $T_{ShES-3}$  o'zini oqlash darajasi formula bo'yicha hisoblanadi

$$T_{ShES-N} = \frac{S_{ShES-N} + I_0 + I_p}{E_{yilShES} \cdot C_{kVts}} = \frac{427680 + 42780 \cdot 20\%}{3455 \cdot 100} = 29,7 \text{ yil}$$

Natijada shamol turbinalari uchun to'lov muddati ancha yuqori. Qoidaga ko'ra, hisobga olinadigan maksimal to'lov muddati 20 yil.

Shunday qilib, ushbu o'rnatishni tijorat deb hisoblash mumkin emas. Biroq, agar u elektr tarmoqlari mavjud bo'lmagan hududda amalga oshirilsa, yashash va mehnat sharoitlarini yaxshilash, mahalliy infratuzilmani rivojlantirish va elektr energiyasini ishlab chiqarish bilan bog'liq holda mahalliy aholining qulayligini ta'minlash haqida gapirish mumkin.

Shamol turbinalari uchun elektr energiyasi tarifini hisoblash odatda o'rnatish egasi tomonidan belgilangan tarifni to'laydigan iste'molchini elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun mo'ljallangan tijorat shamol turbinalari uchun amalga oshiriladi. Bu holda iste'molchi shamol turbinasi egasi emas, balki elektr energiyasi uchun davriy to'lovni amalga oshiradi (masalan, oyiga bir marta).

Ushbu muammo, agar to'lov muddati ma'lum bo'lsa va tarifni hisoblash kerak bo'lsa, teskari hisob-kitobni ko'rsatadi.

### Hisoblash usuli

1. A.8.1 - A.8.3-jadvallardagi o'rtacha berilgan shamol tezligi bo'yicha yiliga ShES tomonidan ishlab chiqariladigan  $E$ - yilning o'ziga xos energiyasini toping (8-ilova):

$$E_{Nyil} - \text{ShESning yillikelektr energiya ishlab chiqarish kVt-s/yil} . \quad (8.5)$$

2. 8.1-topshiriqdan (formula (8.2)) yoki boshqa manbalardan ShES  $S_{\text{ShES-N}}$  ning sotish narxi , 8.2-topshiriqdan (formula (8.4)) o'zini oqlash muddati  $T_{\text{ShES-N}}$  va SHEQ  $I_0$  ga xizmat ko'rsatish xarajatlari olingan.  $C_{\text{kVt-s}}$  tarifini quyidagi formula bo'yicha hisoblang :

*Hisoblash misoli 1*

Dastlabki ma'lumotlar :

A.8.1-jadval ma'lumotlari (8-ilova) 8.1 va 8.2-muammolar yechimlari ma'lumotlari.

Toping:

Shamol turbinalaridan olinadigan elektr energiyasi uchun tarif.

Yechim :

1. A.8.1-jadvaldan (8-ilova) shamol turbinalari-3 tomonidan yiliga o'rtacha 5 m/s shamol tezligida hosil bo'ladigan solishtirma energiyani topamiz:

$$E_{3\text{ yil}} = 3456 / 0,4 \text{ kVt/soat} \quad (8,5)$$

2. 8.1-topshiriqdan (formula (8.2)) WPP C ning sotish narxini olamiz WPP-N , 8.2-topshiriqdan (formula (8.4)) to'lov muddati T WPP-N va WPP I O ga xizmat ko'rsatish xarajatlarini olamiz . C kVt soat tarifini hisoblang :

$$C_{kVts} = \frac{S_{ShES-N} + I_0}{T_{OK} \cdot E_{N-yil}}, \text{ sum/kVt*soat}, \quad (8,6)$$

*Hisoblash misoli 1*

Dastlabki ma'lumotlar :

A.8.1-jadval ma'lumotlari (8-ilova) 8.1 va 8.2-muammolar yechimlari ma'lumotlari.

Toping:

Shamol turbinalaridan olinadigan elektr energiyasi uchun tarif.

Yechim :

1. A.8.1-jadvaldan (8-ilova) shamol turbinalari-3 tomonidan yiliga o'rtacha 5 m/s shamol tezligida hosil bo'ladigan solishtirma energiyani topamiz:

$$E_{3\text{ yil}} = 3456 / 0,4 \text{ kVt / yil}$$

2. WPP-N ning sotish narxini , 8.2-topshiriqdan (formula (8.4))

to'lov muddati T WPP-N va WPP I O ga xizmat ko'rsatish xarajatlarini olamiz . C kVt soat tarifini hisoblang :

$$C_{kVts} = \frac{S_{ShES-N+I_0}}{T_{OK} \cdot E_{N-yil}} = \frac{427680+427680 \cdot 20\%}{29,7 \cdot 3456} = 5, \text{ so'm/kVt/soat,}$$

to'lash uchun energiya iste'molchisi tomonidan belgilanishi kerak bo'lgan tarif mavjud.

### **Topshiriq 8.3 O'rnatilgan quvvatdan foydalanish koeffitsientini hisoblash**

Shamol elektr stantsiyasining o'rnatilgan quvvatidan foydalanish koeffitsienti  $K_{UM}$  - bu qurilma tomonidan ma'lum vaqt davomida haqiqatda ishlab chiqarilgan energiyaning maksimal mumkin bo'lgan nisbati, ya'ni. Agar generator ma'lum vaqt davomida 100% quvvat bilan ishlasa, ishlab chiqarilishi mumkin. Ushbu koeffitsient berilgan geografik sharoitda o'rnatish qanchalik yuklanganligini ko'rsatadi.

Har qanday ishlab chiqaruvchi qurilmaning  $UM$  ga bog'liq:

- yuklash jadvalidan, ya'ni. kun, oy, yil davomida noldan maksimal qiymatgacha o'zgarib turadigan iste'molchi tomonidan talab qilinadigan quvvat;

- muntazam, ta'mirlash ishlarini bajarishdan, ya'ni. qurilmani qanchalik tez-tez to'xtatish kerak;

Shamol turbinalari uchun bu koeffitsient bog'liq, bundan mustasno

Bormoq:

- shamol tezligi bo'yicha;
- shamol chastotasidan.

o'rtacha  $K_M$  si 0,05...0,15, katta — 0,15...0,4. An'anaviy ishlab chiqarish quvvatlarining shunga o'xshash koeffitsienti 0,4 ... 0,8 ni tashkil qiladi.

### Hisoblash usuli

1. VEU-N shamol elektr stantsiyasining o'rnatilgan quvvatidan foydalanish koeffitsientini toping.

Shu maqsadda hisoblagich ko'rsatkichlarini topish va haqiqiy energiya ishlab chiqarishni aniqlash kerak  $E_{v\text{-shamol turbinasi-N}}$ . Biroq, o'lchash jarayoni ba'zan bir necha yil davom etadi, shuning uchun soddaligi uchun biz shamol tezligi doimiy va o'rtacha deb hisoblaymiz va bu shamolda energiya ishlab chiqarishni jadvallardan topish mumkin.

Buning uchun A.8.1-A.8.3-jadvallardan ma'lum shamol tezligi  $v_{o'r}$  da energiya ishlab chiqarish  $E_{v\text{-ShES-N}}$  va nominal maksimal aylanish tezligi  $v_{nom}$  da yillik energiya ishlab chiqarish  $E_{yilShES-N}$  ni toping (ishlab chiqarilgan energiyaning nominal ortiqchasidan yuqori tezlikda, odatda balastda issiqlik sifatida tarqaladi). Topilgan qiymatlarning nisbati o'lchovsiz o'rnatilgan quvvatdan foydalanish koeffitsientini beradi  $K_{qf}$ :

$$K_{qf} = E_{v\text{-ShES-N}} / E_{yilShES-N}. \quad (8.7)$$

#### *Hisoblash misoli 1*

Dastlabki ma'lumotlar:

VEU-3 shamol elektr stansiyasi;

Energiya ishlab chiqarish xarakteristikalari 8-ilovaning A.8.1-jadvalida keltirilgan;

Shamolning o'rtacha tezligi  $v_{o'r} = 5$  m/s;

Nominal (maksimal) shamol tezligi  $v_{nom} = 11$  m / s.

Toping :

O'rnatilgan quvvatlardan foydalanish koeffitsienti  $K_{qf}$ . Yechim:

1.  $K_{qf}$  ni shamol turbinasi generatori tomonidan 5 m/s shamol tezligida yil davomida haqiqiy ishlab chiqarilgan energiyaning 100% ishlab chiqarish rejimida generator tomonidan ishlab chiqarilgan energiyaga nisbati sifatida aniqlaymiz . yil davomida mumkin bo'lgan 11 m/s:

$$K_{qf} = E_{v-ShES-3} / E_{yilShES-3} = 3456 / 28512 = 0,12.$$

## VAZIFALAR

### Topshiriq 9.1. Shamol turbinasi komponentlarining parametrlarini hisoblash

Berilgan shamol tezligida ish soatlari soni (9.1-jadval):

*9.1-jadval*

| Yiliga HOURS        | SHAMOL TEZLIGI, m/s   |
|---------------------|-----------------------|
| $T_1=90$            | $v_1 = 25$ (maksimal) |
| $T_2=600$           | $v_2 = 20$            |
| $T_3=1600$          | $v_3 = 15$            |
| $T_4=2200$          | $v_4 = 10$            |
| $T_5=2700$          | $v_5 = 5$             |
| $T_6 =$ Qolgan vaqt | $v_6 = 0$             |

Soddalashtirish uchun biz bo'shliqlar ichidagi shamol tezligini doimiy deb hisoblashimiz mumkin, shamol g'ildiragining (rotor) barcha nuqtalarida tezlik bir xil (amalda  $v(h) = v(h_0) (h / h_0)^{1/7}$ )

Rotor parametrlari (supurilgan maydonga o'ziga xos ko'rsatkichlar berilgan):

- narxi  $S_s = 150 \text{ \$/m}^2$ ;
- o'ziga xos tortishish  $m_y \approx 100 \text{ kg / m}^2$ ;

shamol turbinasi samaradorligi  $\bar{\epsilon} = 70\%$ .

Vertikal o'qli shamol turbinasi uchun :

1. O'rtacha chiqish quvvati  $P = 10 \text{ kVt}$  bo'lgan  $S$  rotorining supurilgan maydonini hisoblang. Eng tejamkor dizayn shartlariga asoslanib, diametri  $D$ , parraklar uzunligi  $L$ , kesim yuzasi  $b$  hisoblang? Hisob-kitoblarda bir pog'onali uch qanotli turbinaning to'ldirish koeffitsienti (ixchamligi) parraklarning nisbiy cho'zilishi bilan 0,35 sifatida qabul qilinadi.

2. Har bir berilgan shamol tezligida hisoblangan supurish maydoni bilan quvvatni (tadqiq qilinayotgan butun davr uchun eng yuqori quvvatni o'z ichiga olgan holda) hisoblang.

3. Mast (minora)  $H$  balandligini hisoblang.

O'rganilayotgan shamol turbinasi uchun  $\text{kVt soat } C_{\text{kVt soat}}$  narxini hisoblang .

dengiz sathidan 4000 m balandlikda joylashgan tog'da joylashgan bo'lsa, o'rnatish quvvati qanday o'zgarishini taxmin qiling . Xuddi shu tezlikni taqsimlashni qabul qiling. Atmosfera bosimining o'zgarishini hisobga oling, balandlikning oshishi bilan eksponent ravishda nolga kamayadi. Atmosferaning yuqori chegarasini 8000 m deb olish mumkin.

6. Gorizonta eksa shamol turbinasi uchun shunga o'xshash hisob-kitoblarni amalga oshiring (o'zingiz).

Hisoblash usuli va misoli

1.  $S$  rotorining tozalangan maydoni (3.2) formula bo'yicha hisoblanishi mumkin:



$$P_A = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{\rho \cdot V \cdot v^2}{2} = \frac{\rho \cdot S \cdot v \cdot v^2}{2} = \frac{\rho \cdot S \cdot v^3}{2}, \text{ Vt} \quad (9,1)$$

bu erda  $P_A$  - aerodinamik quvvat, Vt;  $\rho$  - havo zichligi,  $\text{kg} / \text{m}^3$ ;  $v$  - rotor bilan uchrashishdan oldin shamol oqimining tezligi,  $\text{m} / \text{s}$ ;  $m$  - rotordan 1 soniyada o'tadigan havo massasi,  $\text{kg}$ ;  $V$  - rotordan 1 soniyada o'tadigan havo hajmi,  $\text{m}^3$ ;  $S$  - rotorning tozalangan maydoni,  $\text{m}^2$ .

Ushbu formuladan  $S$  ni aniqlash uchun o'rtacha tezlikni aniqlash kerak  $v=v_{cp}$ , bu mos keladigan intervallar uchun barcha o'lchangan shamol tezligining mahsuloti yig'indisiga teng bo'ladi, bir yildagi soatlar soniga bo'linadi:

$$v_{cp} = \frac{T_1 \cdot v_1 + T_2 \cdot v_2 + T_3 \cdot v_3 + T_4 \cdot v_4 + T_5 \cdot v_5 + T_6 \cdot v_6}{365 \cdot 24} = \frac{90 \cdot 25 + 600 \cdot 20 + 1600 \cdot 15 + 2200 \cdot 10 + 2700 \cdot 5 + T_6 \cdot 0}{365 \cdot 24} = 8,42 \text{ m/s} \quad (9,2)$$

Keyin

$$S = \frac{2 \cdot P}{\rho \cdot v^3} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 1000}{1,2 \cdot 8,42^3} = 30 \text{ m}^2 \quad (9,3)$$

2. Rotor diametrini (3.3) formuladan topish mumkin.

$$S = L \cdot D \text{ yoki } D = \frac{S}{L} \quad (9,4)$$

bu erda  $D$  - vertikal aksenal shamol turbinasining rotor diametri;  $L$  - bir qavatli shamol turbinasining parrak uzunligi.

$$Y_R = \frac{L}{b_{cp}} = \frac{L \cdot L}{b_{cp} \cdot L} = \frac{L^2}{S_{xop}} \quad (9,5)$$

bu erda  $S_{chor} = b \cdot L$  - parrak maydoni Biroq, na  $D$ , na  $L$  ma'lum. Ularni parrakning nisbiy uzayishini hisoblash orqali topish mumkin.

Parrakning nisbiy cho'zilishi  $U_R$  - parrak  $L$  uzunligining uning  $b$  kesim yuzasiiga nisbati (agar kesim yuzasi kesimi o'zgaruvchan bo'lsa, soddalik uchun uning o'rtacha qiymati  $b_{o'r}$  olinadi).

$R$ ,  $L$  va  $S_{chor}$  miqdorlari yana noma'lum, shuning uchun hosil bo'lgan tenglamani tahlil qilish kerak.

Kichkina kesim yuzasili uzun qanot odatda faqat tortish bosimini boshdan kechiradi (oqim to'xtashi va girdoblar yo'qligi sababli induktiv tortishish kichik, to'lqinning tortishish tezligi subsonik parrak tezligida yo'q). Kichik kesim yuzasi bilan tezlik oshadi, lekin moment kamayadi. Shunday qilib, kichik shamollar uchun kichik nisbatni (ya'ni, kichik uzunlik va katta kesim yuzasi) o'rnatish yaxshiroqdir va kuchli shamollar uchun katta nisbatni (ya'ni, katta uzunlik va kichik kesim yuzasi) o'rnatish yaxshiroqdir. Bunday holda, biz nisbiy cho'zilish  $Y_R = 2$  ni olamiz, ya'ni. parrakning uzunligi kesim yuzasi uzunligining ikki barobariga teng.

Keyin (9.5) ifodadan:

$$L = 2 \cdot b \quad (9,6)$$

Biroq,  $b$  va  $L$  qiymatlari ham noma'lum. Biroq, ularni turbinaning to'ldirish koeffitsienti (ixchamligi) orqali topish mumkin, bu formula bilan hisoblanadi:

$$K_3 = n \cdot b/D, \quad (9,7)$$

bu erda  $n$  - rotor parraklari soni

Keling, 3 parrakli Darrieus rotori uchun hisob-kitoblarni amalga oshiramiz. Ushbu rotor uchun eng yuqori samaradorlikni aniqlaydigan yaxshi to'ldirish omili (muammoning holatidan)  $K_z = 0,35$ . Parraklar soni  $n=3$ .

(9.8) tenglamani quyidagi shaklga keltirish mumkin:

$$K_3 = n \cdot \frac{b}{D} = n \cdot \frac{b \cdot L}{D \cdot L} = n \frac{S_{xop}}{S}, \quad (9,8)$$

Qayerda

$$S_{xop} = 30 \cdot \frac{0,35}{3} = 3,5 \text{ m}^2$$

Lekin  $L = 2$  g dan b

Keyin

$$L \cdot b = S_{xop} = 3,5 \text{ qayerda}$$

$$b = \frac{3,5}{L} \quad (9,9)$$

b ning qiymatini keltirsak, biz quyidagilarni olamiz:

$$L = 2 \cdot b = 2 \frac{3,5}{L}, \quad (9,10)$$

Shamol turbinasi pichog'ining uzunligi qayerdan keladi:

$$L = \sqrt{2 \cdot 3,5} = \sqrt{7} = 2,6 \text{ m} \quad (9,11)$$

(9.6) dan biz shamol turbinasi parrak kesim yuzasiini olamiz:

$$b = \frac{S_{XOP}}{L} = \frac{3,5}{2,6} = 1,3 \text{ m} \quad (9,12)$$

(9.4) dan biz shamol turbinasi diametrini olamiz;

$$D = \frac{S}{L} = \frac{30}{2,6} = 11,5 \text{ m} \quad (9,13)$$

Shamol turbinasining hisoblangan va qabul qilingan parametrlari:

- shamol turbinalari turi k va - vertikal-o'qli;
- quvvat 10 kVt;
- mintaqadagi o'rtacha shamol tezligi  $v = v_{o'r} = 8,42 \text{ m / s}$  ;
- shamol turbinasi rotorining supurilgan maydoni  $S = 30 \text{ m}^2$  ;
- nisbiy cho'zilish  $Y_R = 2$ ;

- to'ldirish koeffitsienti  $K_3 = 0,35$ ;
- parraklar soni  $n = 3$ ;
- parrak maydoni  $S_{xop} = 3,5 \text{ m}^2$ ;
- parrak uzunligi  $L = 2,6 \text{ m}$ ;
- shamol turbinasi rotorining diametri  $D = 11,5 \text{ m}$ .

Keling, eng yuqori quvvatdan boshlaylik. Hisoblangan tozalangan maydon bilan butun o'rganish davri uchun chiqarilgan eng yuqori aerodinamik quvvat  $P_{PIK}$  25 m/s bo'lgan eng yuqori o'lchangan shamol tezligi  $v_{max}$  asosida hisoblanishi mumkin :

$$P_A = \frac{\rho \cdot S \cdot v_{max}^3}{2} = \frac{1,2 \cdot 30 \cdot 25^3}{2} = 281000, \text{ V}$$

Biroq, haqiqiy eng yuqori quvvat  $R_{PIK-REAL}$  :

$$P_{PIK-haqi} = P_{PIK} \cdot \eta = 281 \cdot 0,7 = 196 \text{ kVt}$$

Shu bilan birga, elektr energiyasi, hatto shamol energiyasidan foydalanishning ideal koeffitsientini hisobga olgan holda  $S_r$  edi.

$$P_{EL} = P_{PIK-haqi} \cdot C_p = 196 \cdot 0,593 = 116 \text{ kVt}$$

## **SHAMOL TURBINASI QUVVATI**

Shamol energetikasi o'zining zamonaviy texnik jihozlariga ega bo'lgan energetikaning yaxshi yo'lga qo'yilgan tarmog'idir.

Bir necha kilovatt dan megavattgacha bo'lgan shamol turbinalari Evropa, AQSh va dunyoning boshqa qismlarida ishlab chiqariladi. Ushbu qurilmalarning aksariyati yagona energiya tizimida ham,

avtonom rejimlarda ham elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun ishlatiladi.

Shamol energiyasining asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat: qurilishning soddaligi va foydalanish qulayligi; bu haqiqatan ham bitmas-tuganmas energiya manbasining mavjudligi. Kamchiliklarga, birinchi navbatda, shamol yo'nalishi va kuchining nomuvofiqligi kiradi; uzoq vaqt ishlamay qolish ehtimoli va natijada shamol elektr stantsiyalarining to'planishi va ortiqcha bo'lishiga bo'lgan ehtiyoj; hududlarning begonalashishi va an'anaviy landshaftlarning o'zgarishi.

Ma'lumki, shamol tezligi  $u$ , m/s va havo zichligi  $\rho$ , kg / m<sup>3</sup>, shamol g'ildiragini supurish maydoni  $F$ , m<sup>2</sup> quvvat  $P$ , Vt ni rivojlantiradi, tomonidan aniqlanadi.

$$P = p F \rho u^3 / 2. \quad (10.1)$$

Bu erda  $p$  - samaradorlik va  $c$  - shamol energiyasidan shamol g'ildiragi tomonidan foydalanishni tavsiflovchi quvvat omili va 0,35 ga teng qabul qilinadi.

(10.1) dan ko'rinib turibdiki, quvvat  $P$  supurilgan maydon  $F$  va tezlik kubiga proporsionaldir. Quvvat omili shamol turbinasi dizayni va shamol tezligiga bog'liq. Shamol tezligi doimiy emasligi va quvvat tezligiga juda bog'liqligi sababli, shamol g'ildiragining optimal dizaynini tanlash asosan energiya iste'molchisining talablari bilan belgilanadi. Odatda, shamol g'ildiragining birlik maydonidan olinadigan o'rtacha - yillik quvvat havo zichligi va o'rtacha tezlik kubiga mutanosibdir. Shamol elektr stantsiyasining (ShES) maksimal loyiha quvvati ba'zi bir standart shamol tezligi uchun aniqlanadi. Odatda bu tezlik taxminan 12 m/s ni tashkil qiladi, supurilgan maydonning 1 m<sup>2</sup> dan chiqarilgan

quvvat esa 0,3 dan 0,45 gacha bo'lgan  $p$  qiymatida taxminan 300 Vtni tashkil qiladi. Shamol sharoitlari qulay bo'lgan hududlarda o'rtacha yillik elektr energiyasi ishlab chiqarish uning maksimal loyiha qiymatining 22-30% ni tashkil qiladi. Shamol generatorlarining xizmat qilish muddati odatda kamida 15-20 yilni tashkil etadi va ularning narxi 1 kVt loyiha quvvati uchun 1000 dan 1500 AQSh dollarigacha.

Shamol turbinalarini loyihalashning asosiy shartlaridan biri ularni juda kuchli tasodifiy shamol shamollari bilan yo'q qilishdan himoya qilishni ta'minlashdir. Shamol yuklari shamol tezligining kvadratiga mutanosibdir va har 50 yilda bir marta o'rtacha ko'rsatkichdan 5 dan 10 baravar yuqori tezlikda shamollar bo'ladi, shuning uchun qurilmalar juda katta xavfsizlik chegarasi bilan loyihalashtirilishi kerak. Bundan tashqari, shamol tezligi vaqt o'tishi bilan juda o'zgarib turadi, bu esa charchoqning buzilishiga olib kelishi mumkin va o'zgaruvchan tortishish yuklari ham parraklar uchun muhim.

Shamollarning paydo bo'lishining sababi quyosh radiatsiyasining er atmosferasi tomonidan yutilishi, havoning kengayishiga va konvektiv oqimlarning paydo bo'lishiga olib keladi. Global miqyosda bu issiqlik hodisalari Yerning aylanishi ta'sirida qo'shiladi, bu esa ustunlik qiluvchi shamol yo'nalishlarining paydo bo'lishiga olib keladi. Ushbu umumiy yoki sinoptik qonuniyatlarga qo'shimcha ravishda, bu jarayonlarda ko'p narsa ma'lum geografik yoki ekologik omillar tufayli mahalliy xususiyatlar bilan belgilanadi. Shamol tezligi balandlik bilan ortadi va ularning gorizontal komponenti vertikalдан ancha katta. Oxirgi holat shamolning o'tkir shamollari va boshqa kichik miqyosli ta'sirlarning paydo bo'lishining asosiy sababidir. Shamollarning umumiy kinetik

energiyasi taxminan  $0,7 \cdot 10^{21}$  J deb baholanadi. Ishqalanish tufayli, asosan, atmosferada, shuningdek, er va suv sirtlari bilan aloqa qilishda, bu energiya doimiy ravishda tarqaladi, tarqaladigan quvvat esa taxminan  $1,2 \cdot 10^{15}$  Vt, bu quyosh nurlanishining so'rilgan energiyasining taxminan 1% ga teng.

Hududning shamol energetikasi potentsialini tahlil qilish uchun shamol energetikasi kadastri tuziladi, bu shamol rejimining sonli xarakteristikasining rayonlashtirilgan tizimidir. Shamol energiyasi kadastri shamolni energiya manbai sifatida tavsiflovchi ob'ektiv ishonchli va zarur miqdoriy ma'lumotlar to'plamidir. Kadastrda barcha xarakteristikalar, odatda, uzoq muddatli kuzatishlar materiallaridan foydalangan holda jadval yoki grafik shaklda taqdim etiladi.

Ko'pgina shamol energiyasini qo'llashda shamol turbinasi, masalan, bir yilda ishlab chiqarishi mumkin bo'lgan energiyaning umumiy miqdorini emas, balki doimiy ravishda ta'minlaydigan quvvatni bilish muhimroqdir. 10 dan 12 m / s gacha bo'lgan kuchli shamol bilan shamol turbinalari etarli miqdorda elektr energiyasini ishlab chiqaradi, ba'zan hatto tizimga tashlanishi yoki saqlanishi kerak. Uzoq muddatli tinch yoki engil shamol davrida qiyinchiliklar paydo bo'ladi. Shuning uchun shamol energiyasining o'rtacha shamol tezligi 5 m / s dan kam bo'lgan hududlarni shamol turbinalari uchun yaroqsiz deb hisoblashi va tezligi 8 m / s ni juda yaxshi deb hisoblashi shamol energiyasi uchun qonundir. Nima bo'lishidan qat'iy nazar, barcha holatlarda parametrlarni ehtiyotkorlik bilan tanlash kerak. mahalliy ob-havo sharoitlariga nisbatan shamol turbinalari.

Shamol energiyasi salohiyatini tahlil qilish uchun yil davomida har kuni 5 marta shamol tezligini o'lchashni muntazam ravishda: 9:00, 12:00, 15:00, 18:00 va 21:00 da o'tkazish talab etiladi.

Meteorologik o'lchovlar ma'lumotlar bazalari yoki shamol energiyasi kadastrlaridan foydalanish mumkin.

O'lchov natijalarini qayta ishlash tartibi quyidagicha.

1. Shamol tezligini o'lchash natijalari  $u_1, m/s, \Delta u$  intervalli guruhlarga birlashtiriladi. O'lchovlarning umumiy soni  $N$  aniqlanadi

2.  $h_1$  balandlikda amalga oshirilishi mumkinligi va energiya salohiyatini baholash uchun shamol tezligi  $u, m/s$ , shamol turbinalarini o'rnatish tavsiya etilgan balandlikda kerak  $h$ , shamol tezligini aniqlash.  $h$  balandlikda ma'lum yaqinlashuvchi bog'liqlik yordamida bajariladi

$$u = u_1 (h / h_1)^{1/5}, \quad (10.2)$$

bu erda  $h$  dastlabki hisob-kitoblar bo'yicha aniqlanadi (masalan, shamol turbinasi g'ildiragining diametri ma'lum bo'lsa).

3. Shamol tezligining ehtimollik taqsimotining qiymati aniqlanadi

$$F_u = N_{ui} / N, \quad (10.3)$$

qaerda  $N_{ui}$  - i-tezlik oralig'idagi o'lchovlar soni.

$F_u = f(u)$  bog'liqlik quriladi.  $F_u \Delta u$  mahsuloti shamol tezligi  $u$  dan  $u + \Delta u$  gacha bo'lgan qiymatlarga ega bo'lgan mavsumning bir qismi sifatida talqin qilinishi mumkin.

4. Shamol tezligining o'rtacha qiymati  $u_c, m/s$ , munosabat bilan aniqlanadi

$$u_c = S u_i / N, \quad (1.4)$$



qayerda *siz men* barcha o'lchangan tezlik qiymatlarining yig'indisidir.

5.  $F_{u>u'}$  ehtimolligi *tezligi u qandaydir berilgan u'* tezligidan katta bo'lgan shamolning paydo bo'lishi, buning uchun  $u > u'$  bo'lgan barcha tezlik oraliqlarining ehtimollari qo'shiladi.

$F_{u>u'}$  ehtimolligi shamollar  $u'$  dan katta tezlikda esadigan mavsumning bir qismi sifatida talqin qilinishi mumkin.

$F_{u>u'} = f(u)$  bog'liqlik tuziladi.

6. Yagona uchastkaning shamol oqimining kuchi  $P_u$ ,  $Vt$  - aniqlanadi

$$P_u = r u^{3/2}, \quad (10,5)$$

bu erda  $r$  - havoning zichligi,  $1,3 \text{ kg} / \text{m}^3$  ga teng.

Mahsulot  $P F_u$  shamol energiyasini taqsimlash funksiyasidir.  $P F_u = f(u)$  bog'liqlik quriladi.

7.  $P_u = f(F_{u>u'})$  bog'liqligi quriladi, bu berilgan quvvatning shamol oqimini kutish ehtimolini aniqlash imkonini beradi.

Barcha hisob-kitoblar EXCEL da qulay tarzda amalga oshiriladi.

O'lchov va hisob-kitoblarni qayta ishlashdan so'ng olingan natijalarni tahlil qilish amalga oshiriladi. Odatda quyidagi fikrlar ta'kidlanadi.

1. Tuzilgan  $F_u = f(u)$  bog'liqligidan foydalanib, shamol tezligining o'rtacha qiymatini berilgan hududdagi shamol tezligining eng ehtimoliy qiymati bilan, shuningdek, shamol turbinalarini loyihalash uchun qabul qilingan hisoblangan tezlik bilan solishtirish kerak. ( $u = 10 - 12 \text{ m/s}$ ).

2. Tuzilgan  $P F_u = f(u)$  bog'liqligidan foydalanib, tezlikning qiymati shamol energiyasini taqsimlash funksiyasi maksimalga ega

bo'lgan tezlikda aniqlanadi va berilgan hududdagi shamol tezligining eng ehtimolli qiymati bilan taqqoslanadi.

3. Tuzilgan bog'liqlik  $P_u = f(F_{u>u'})$  yordamida ma'lum bir quvvatdagi shamol oqimini kutish ehtimoli aniqlanadi.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, meteorologik o'lchovlarning statistik ma'lumotlari Rayleigh taqsimotining nazariy bog'liqligi bilan eng aniq tasvirlangan.

Shunday qilib, shamol tezligi ehtimolini aniqlash uchun eksperimental ma'lumotlarga mos keladigan analitik ifoda mavjud. Bunday holda, birinchidan, shamol tezligini o'lchashning kerakli sonini keskin kamaytirish mumkin, ikkinchidan, shamol turbinalarining xususiyatlarini analitik hisoblash mumkin.

Releya taqsimoti quyidagi tengliklarni qanoatlantiradi

$$F_{u>u'} = \exp\left[-\frac{p}{4} \left(\frac{u'}{u}\right)^2\right], \quad (10.6)$$

qaerda  $F_{u>u'}$  – tezligi  $u$ , m/s, ma'lum bir tezlik  $u'$ , m/s dan katta bo'lgan shamolning paydo bo'lish ehtimoli;  $u$  - o'rtacha tezlik, m/s;

$\left(\frac{u'}{u}\right)^2 = 1.24u$ . (10.7) Releya taqsimoti uchun tezlik  $F_u$  ehtimolligi haqidagi bayonotlar ham to'g'ri. tezlik qiymatida maksimal

$$u = \left(\frac{2}{p}\right)^{1/2} \cdot u = 0,8 u \quad (10,8)$$

$F_u \cdot u^3$  funksiyasi tezlik qiymatida maksimaldir

$$u = 2 \left(\frac{2}{p}\right)^{1/2} \cdot u = 1,6u. \quad (10.9)$$

Energetika sohasida shamol energiyasining qaysi ulushi ishlatilishini ishonchli hisoblash qiyin, chunki bu taxmin shamol energetikasi va uning iste'molchilarining rivojlanish darajasiga juda bog'liq. Biroq, shamol energiyasining umumiy energetika sohasida, masalan, Buyuk Britaniya va G'arbiy Germaniyada mavjud bo'lgan

energiya iste'moli infratuzilmasida katta o'zgarishlarni nazarda tutmaydigan rasmiy hisob-kitoblar kamida 20% ni tashkil qiladi. Infratuzilmadagi muayyan o'zgarishlar bilan shamol energiyasining ulushi sezilarli darajada oshishi mumkin. Avtonom shamol elektr stansiyalari, ayniqsa, chekka hududlarda va orollarda dizel elektr stansiyalari va neft bilan ishlaydigan issiqlik stansiyalarini almashtirish uchun juda istiqbolli.

Shamol turbinalari ikkita asosiy xususiyatga ko'ra tasniflanadi - shamol g'ildiragining geometriyasi va uning shamol yo'nalishiga nisbatan joylashishi.

Shamol energiyasi generatorlarini yuqorida sanab o'tilgan xususiyatlarga asoslanib tasniflash, albatta, shamol turbinalarining mumkin bo'lgan barcha dizaynlarini tugatmaydi. Bu, ayniqsa, kelayotgan shamol oqimining tezligini oshirish uchun maxsus qurilmalardan foydalanadigan eng istiqbolli qurilmalar uchun to'g'ri keladi.

1.1.  $h$ ,  $m$  balandlikda shamol tezligi  $v$ , m/s bo'lganligi ma'lum bo'lsa.

1.2. 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000 kVt quvvatli shamol turbinalari uchun zarur bo'lgan shamol g'ildiragining diametrini aniqlang shamol tezligi  $v = 12 \text{ m/s}$ ; shamol energiyasidan foydalanish koeffitsienti  $p = 0,3$ ;  $r = 1,2 \text{ kg/m}^3$  ga teng havo zichligini oling.

1.3.  $h = 1,5 \text{ m}$  balandlikda shamol tezligi  $v = 5 \text{ m/s}$  bo'lganligi ma'lum bo'lsa, shamol turbinalarini qanday balandlikda joylashtirish maqsadga muvofiqdir. Energiya talabi 100 kVt. Shamol g'ildiragining diametri  $D$ , m bo'lsa, qancha o'rnatish kerak bo'ladi.

1.4. Shimoliy dengizdagi Fair orolida 70 kishi istiqomat qiladi. Ko'mir, neft, benzin bilan bog'liq qiyinchiliklar bor - hamma narsani import qilish kerak. Biroq, orolda doimiy ravishda o'rtacha  $8 \text{ m / s}$  tezlikda shamollar esadi. Ushbu hududni energiya bilan ta'minlaydigan shamol turbinalarining soni va quvvatini aniqlang. Energiya iste'moli tarkibi quyidagicha: yoritish, maishiy texnika -  $3 \text{ kVt}$ ; isitish moslamalari, elektr pechkalar -  $35 \text{ kVt}$ ; issiqxonalar -  $7 \text{ kVt}$ ; elektr transport vositalarini zaryadlash -  $5 \text{ kVt}$ . Shamol g'ildiragi diametri  $D$ , m Quyi Sakson qishlog'ida Bimolten qishlog'ida 98 metr balandlikda 14 ta shamol turbinasi o'rnatilgan. Agar ularning diametri  $10 \text{ m}$  bo'lsa, ularning o'rnatilgan quvvatini aniqlang. Ma'lumki,  $h = 2 \text{ m}$  balandlikda shamol tezligi  $v = 6,8 \text{ m / s}$  ga teng.

1.5. Borkum orolining shimoli-g'arbidagi Quyi Sakson Lirida har birining quvvati  $4\text{-}5 \text{ MVt}$  bo'lgan 12 ta shamol turbinasi qurilmoqda. Ularning nazariy diametrini shamol tezligi  $v = 12 \text{ m/s}$  da aniqlang.

1.6. Oldingi muammoning shartlari uchun. 2007 yilda umumiy quvvatni  $1000 \text{ MVt}$ ga oshirish rejalashtirilgan edi. Yana qancha bunday turbinalar o'rnatilishi kerak?

1.7. Turbin E 112 o'rnatilgan quvvati  $4,5 \text{ MVt}$ . Uning diametri  $110 \text{ m}$ . Turbinaning nominal rejimda ishlashi kerak bo'lgan balandlikni aniqlang, agar ma'lum bir hududda  $h$ , m balandlikda shamol tezligi  $v$ , m/s bo'lganligi ma'lum bo'lsa.

Turbinadan chiqarilgan quvvatning bog'liqligini qurish 1). turbinaning diametri bo'yicha  $D = 2; 4; 8; 15; \text{o'ttiz}; 50; 100 \text{ m}$ . Shamol tezligini oling  $v = 12 \text{ m/s}$ ; foydalanish koeffitsienti  $p = 0,3$ ; zichlik  $r = 1,2 \text{ kg / m}^3$ . 2). Shamol tezligidan  $v = 6; 8; 10; 12; 14 \text{ m/s}$ . Shamol

g'ildiragining diametrini oling  $D = 15$  m; foydalanish koeffitsienti  $p = 0,3$ ; zichlik  $r = 1,2 \text{ kg / m}^3$ . 3). Turbinaning shamol g'ildiragining o'rnatish balandligidan  $h = 20$ ; o'ttiz; 40; 60; 80; 100; 120 m. Shamol g'ildiragining diametrini oling  $D = 15$  m; foydalanish koeffitsienti  $p = 0,3$ ; zichlik  $r = 1,2 \text{ kg / m}^3$ , agar ma'lum bir hududda  $h$ , m balandlikda shamol tezligi  $v$ , m / s bo'lganligi ma'lum bo'lsa

Uch kanatli shamol turbinasi berilgan, shamol g'ildiragining diametri 80 m. Shamol tezligi 5 m/s, atrof-muhit harorati  $20^{\circ}\text{C}$  ( $r = 1,188 \text{ kg/m}^3$ ). Quvvat olish koeffitsienti 0,45 ga teng qabul qilinadi.

Belgilang:

- 1) Shamol turbinasi tomonidan ishlab chiqilgan quvvat;
- 2) Shamol tezligi 20% ga kamaysa, shamol turbinasi tomonidan ishlab chiqilgan quvvat necha marta kamayadi;
- 3) Shamol g'ildiragining kuchi, agar shamol g'ildiragining diametri 25% ga oshirilsa;
- 4) Agar havo harorati  $-20^{\circ}\text{C}$  ( $p = 1,377 \text{ kg/m}^3$ ) bo'lsa, shamol g'ildiragi tomonidan ishlab chiqarilgan quvvat necha foizga oshadi.

**Yechim.**

$$1. N_B = \frac{c_p \cdot \rho \cdot S \cdot v^3}{2} = \frac{0,45 \cdot 1,188 \cdot 5024 \cdot 5^3}{2} = 167864,4 \text{ BT} \quad (10.10)$$

Bundan tashqari, shamol g'ildiragi tomonidan supurilgan maydon,

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 80^2}{4} = 5024 \text{ m}^2 \quad \dots \quad (10.11)$$

Tezlik 20% ga kamaygan bo'lsa, shamol g'ildiragi tomonidan ishlab chiqarilgan quvvat;

$$N_{B2} = \frac{c_p \cdot \rho \cdot S \cdot v^3}{2} = \frac{0,45 \cdot 1,188 \cdot 5024 \cdot (0,8 \cdot 5)^3}{2} = 0,512 \cdot 167864,4 = 85946,573 \quad (10.12)$$

Tezlikni kamaytirish orqali shamol turbinasi tomonidan ishlab chiqilgan quvvatni kamaytirish ;

$$k = \frac{N_B}{N_{B2}} = \frac{167864,4}{0,512 \cdot 167864,4} = 1,9 \quad (10.13)$$

4. Shamol turbinasi diametrini 25% ga oshirish orqali ishlab chiqarilgan quvvat

$$N_{B2} = \frac{c_p \cdot \rho \cdot S \cdot v^3}{2} = \frac{0,45 \cdot 1,188 \cdot 7850 \cdot 5^3}{2} = 263288,13 \text{ Vt} \quad (10.14)$$

Shamol g'ildiragi tomonidan supurilgan maydon qayerda?

$$S = \frac{\pi \cdot (1,25 \cdot d)^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} = 7850 \text{ m}^2$$

5. 200 C atrof-muhit haroratida shamol turbinasi quvvati ;

$$N_{B2} = \frac{c_p \cdot \rho \cdot S \cdot v^3}{2} = \frac{0,45 \cdot 1,377 \cdot 5024 \cdot 5^3}{2} = 194570,1 \quad (10.15)$$

Shamol g'ildiragi tomonidan supurilgan maydon qayerda?

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 80^2}{4} = 5024 \text{ m}^2 \quad (10.16)$$

Havo haroratining o'zgarishi tufayli shamol turbinasi quvvatining o'zgarishi;

$$k = \frac{N_{B4} - N_B}{N_B} \cdot 100\% = \frac{194570,1 - 167864,4}{167864,4} \cdot 100\% = 15\% \quad (10.17)$$

11-topshiriq

Har qanday shamol tezligida 9 ga teng doimiy tezlik koeffitsientini saqlaydigan 100 m diametrli shamol turbinasi berilgan.

1) uchlari tezligi 331 m/s vakuumda qanday shamol tezligida

tovush tezligiga etadi?

2) Qaysi burchakli aylanish tezligida parraklar uchlari tezligi vakuumdagi tovush tezligiga etadi.

Yechim;

koeffitsienti  $z$  - aylana tezligi va parraklar uchining kelayotgan shamol oqimining buzilmagan tezligiga  $z = \frac{u}{v}$  nisbati, . Bu yerdan biz shamol tezligini aniqlaymiz, bunda shamol g'ildiragi parraklari uchlari tezligi  $330 \text{ m / s}$  vakuumda tovush tezligiga etadi.

$$v = \frac{u}{z} = \frac{330}{9} = 36,67 \text{ m / s} \quad (10,18)$$

Parraklarning uchlari aylanishning burchak tezligi nisbati bilan belgilanadi;

$$\omega_{\text{BET}} = \frac{u}{R_{\text{BET}}} = \frac{330}{50} = 6,6(\text{rad}^{-1}) \quad (10.19)$$

### *O'rtacha shamol tezligi*

Shamolning intensivligi va shamol energiyasidan foydalanish samaradorligini belgilovchi asosiy xarakteristikasi uning ma'lum vaqt oralig'idagi o'rtacha tezligi, masalan, bir kun, oy, yil yoki bir necha yil. Shamolning o'rtacha tezligi ma'lum vaqt oralig'ida muntazam ravishda olingan bir qator tezlikni o'lchash natijasida olingan arifmetik o'rtacha ko'rsatkich sifatida taqdim etiladi. Biz hisobga olingan barcha o'lchovlarning umumiy sonini  $n$ , o'lchovning seriya raqamini  $1 \ 0 = 1, 2, \dots, n$ ) va mos keladigan tasodifiy tezlik qiymatini  $V$  deb belgilaymiz, shuning uchun umumiy formula barcha kerakli o'rtacha tezlik qiymatlarini aniqlash quyidagi shaklda bo'ladi:

$$\langle v \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (11.1)$$

Maxsus holatlar uchun tegishli formulalar quyidagilarga ega bo'ladi ko'rinish.

L " o'lchovlari kuniga va "K" kuniga o'tkazilgan bo'lsa , " j " oy, " i " yil uchun tezlikning o'rtacha oylik qiymati teng bo'ladi.

$$\langle v \rangle_{mij} = \sum_{k=1}^k \sum_{l=1}^L v_{ijkl} / KL \quad (11.2)$$

J " orqali belgilasak , o'rtacha yillik tezlik formulasi shaklni oladi.

$$\langle v \rangle_{ri} = \sum_{j=1}^J \langle v_{mij} \rangle / J \quad (11.3)$$

Shamolning o'rtacha tezligi to'g'risida ishonchli ma'lumotlarni olish, uning energiya qobiliyatini aniqlash uchun tasodifiy tezlik qiymatlarini tanlashning vakili, vakili, ya'ni.o'zgarishning zarur hajmi va davomiyligi to'g'risida. Umuman olganda, olingan ma'lumotlar hajmining oshishi bilan hisoblangan o'rtacha qiymatlarning aniqligi va ishonchliligi aniqlanadi. Raqamli baholash uchun o'rtacha tezlikning o'zgaruvchanlik koeffitsienti qo'llaniladi, bu odatda o'rtacha davrning oshishi bilan pasayadi, ya'ni, masalan, o'rtacha ko'p yillik tezlik ko'p yillik o'rtacha oylik tezlikka qaraganda kamroq tarqalishga ega.

Kola yarim oroli sohilidagi meteorologik stansiyalarda o'rtacha yillik shamol tezligining xronologik o'zgarishlari to'g'risidagi ma'lumotlardan kelib chiqadiki, o'rtacha uzoq muddatli shamol tezligini aniqlash va o'rtacha yillik shamol tezligining yildan-yilga o'zgarishini aniqlash uchun , kuzatishlarning 10 yillik namunaviy o'lchamlarini hisobga olish bilan cheklanish uchun etarli. [8] da Evropaning shimolidagi 168 ta ob-havo stantsiyalarida 10 yillik kuzatuvlar hajmini qayta ishlash natijalari ham keltirilgan, shundan kelib chiqadiki, o'rtacha yillik tezlikning standart og'ishi hamma joyda va ko'p hollarda taxminan bir xil bo'ladi. 0,2 - 0,5 m/s ni tashkil qiladi. Sohilbo'yi hududlarida



o'rtacha yillik shamol tezligining o'zgarish koeffitsienti qirg'oq chizig'idan uzoqda joylashgan hududlarga qaraganda ancha past. Barents dengizining ochiq qirg'og'ida u o'rtacha 5,2%, Barents dengizi qo'ltiqlari chuqurligida va Oq dengiz qirg'og'ida - o'rtacha 6; 3%, ichki hududlarda esa 7,7% gacha ko'tariladi.

Hududning ochiqligi sinflari va o'rtacha tezlik

Shamolning o'rtacha tezligi to'g'risida meteorologik kuzatuv ma'lumotlaridan foydalanganda, ular ob-havo stantsiyasi hududidagi aniq relyef va landshaft sharoitlariga va er yuzasidan ma'lum balandlikka (ob-havo balandligi) mos kelishini yodda tutish kerak. Turli stantsiyalar uchun bu shartlar sezilarli darajada farq qilishi mumkin. Shuning uchun shamolning o'rtacha ko'p yillik tezligini erning ochiqligi va tekisligi jihatidan taqqoslanadigan sharoitlarga kamaytirish qabul qilindi.

Kamaytirilgan o'rtacha shamol tezligi  $[\langle V_n \rangle]$  va  $[\langle V_{из} \rangle]$  qanot balandligidagi o'rtacha shamol tezligi o'rtasidagi bog'liqlik quyidagicha ifodalanadi:

$$\langle V_n \rangle = \frac{K_0}{K_\phi} \langle V_{из} \rangle \quad (11.4)$$

bu erda  $K_0$  - Milevskiy tasnifi bo'yicha ochiqlik koeffitsienti bo'lib, u davlat meteorologiya xizmati tomonidan ma'lumotnomalarda mamlakatdagi barcha meteorologik stantsiyalar relefining xususiyatlarini tavsiflash uchun qo'llaniladi;

$K_b$  - havo pardasi balandligidagi haqiqiy ochiqlikni hisobga oladigan koeffitsient.

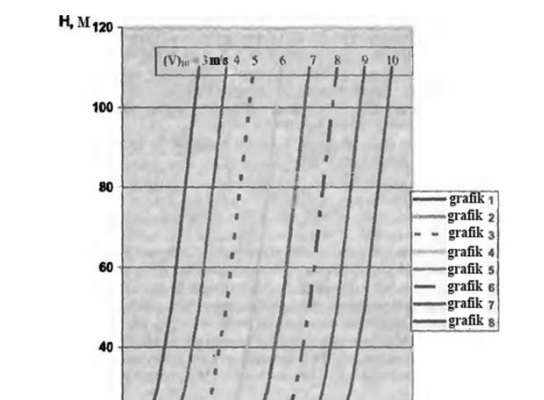
O'rtacha shamol tezligining balandlikka bog'liqligi

Barqaror shamol oqimi bilan shamol tezligi Yer yuzasidan balandlikning oshishi bilan ortadi. Odatda, meteorologik stansiyalarda qayd qiluvchi qurilmalar 9-20 m balandlikda joylashgan. Shu bilan birga, zamonaviy shamol turbinalarining o'qlari qalinligi ~ 100 m bo'lgan sirt qatlamida turli balandliklarda joylashgan bo'lishi mumkin; hattoki shamol turbinalarini sharlarga joylashtirish takliflari ham bor. Shuning uchun shamol oqimidan foydalanish samaradorligini baholash uchun shamol tezligining vertikal profilini o'rnatish kerak.

Umumiy holda,  $h_1$  balandlikdagi shamol tezligi,  $h_f$  formulasidagi shamol tezligi orqali aniqlanadi.

$$v_1 = v_\phi \cdot \left[ \frac{h_1}{h_\phi} \right]^m \dots\dots\dots(11,5)$$

O'tgan asrning 50-60-yillaridagi mahalliy tadqiqotlarda, o'rtacha yillik shamol tezligi qiymatlarining vertikal profilini hisoblashda "m" ko'rsatkichi 0,2 ga teng, AQSh shamol atlasini tuzishda esa  $m = 1/7 = 0,14$ . Keyingi tadqiqotlar bu ko'rsatkichning yil vaqtiga ham, shamolning o'rtacha tezligiga ham bog'liqligini aniqladi.



**11.2-rasm.** Shamolning o'rtacha yillik tezligining vertikal profili V sirt qatlamida 100 m balandlikdagi shamol tezligida 10 m balandlikda 3 dan 10 m / s gacha.

Jadvalda. 11.1-rasmda turli balandliklardagi o'rtacha tezliklarning 10 m balandlikdagi o'rtacha tezlikka nisbati va yilning turli fasllari uchun indeks t ko'rsatilgan, ular tekis erlar sharoitlari: dasht, tundra, cho'l uchun amal qiladi.

11.1- jadval .

**Balandlik bilan o'rtacha shamol tezligini oshirish koeffitsienti va ko'rsatkich w \***

| Mavsum | Balandligi, m |      |      |      |      |      | m    |
|--------|---------------|------|------|------|------|------|------|
|        | 10            | 20   | 40   | 60   | 80   | 100  |      |
| Qish   | 1             | 1.12 | 1.26 | 1.35 | 1.43 | 1.50 | 0,17 |
| Bahor  | 1             | 1.17 | 1.36 | 1.50 | 1.59 | 1.66 | 0,22 |
| Yoz    | 1             | 1.18 | 1.40 | 1.55 | 1.67 | 1.76 | 0,24 |
| Kuz    | 1             | 1.12 | 1.26 | 1.35 | 1.43 | 1.50 | 0,17 |
| Yil    | 1             | 1.15 | 1.32 | 1.44 | 1.53 | 1.60 | 0,20 |

\*) Ko'llar va dengizlar qirg'oqlari, shuningdek, yon bag'irlarining yuqori qismlari uchun koeffitsientning egallaganidan keyingi o'zgaruvchan qismini 1,5 baravar kamaytirish kerak.

bu erda,  $K_0$  - Milevskiy tasnifi bo'yicha ochiqlik koeffitsienti , davlat meteorologiya xizmati tomonidan ma'lumotnomalarda mamlakatdagi barcha ob-havo stantsiyalarining relef xususiyatlarini tavsiflash uchun foydalaniladi;

$K_6$  - ob-havo pardasi balandligidagi haqiqiy ochiqlikni hisobga oladigan koeffitsient.

**Ko'rsatkichning o'rtacha yillik qiymatlari t.**

|                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| $\langle V_g \rangle$ . | 1.5  | 3.5  | 5.5  | 7.5  | 9.5  | 11.5 | 13.5 | 15.5 | 17.5 | 20.5 | 24.5 | 28,5-40 |
| m/sek                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |
| m(v)                    | 0,42 | 0,31 | 0,25 | 0,21 | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,12    |

*O'rtacha shamol tezligining vaqtga bog'liqligi*

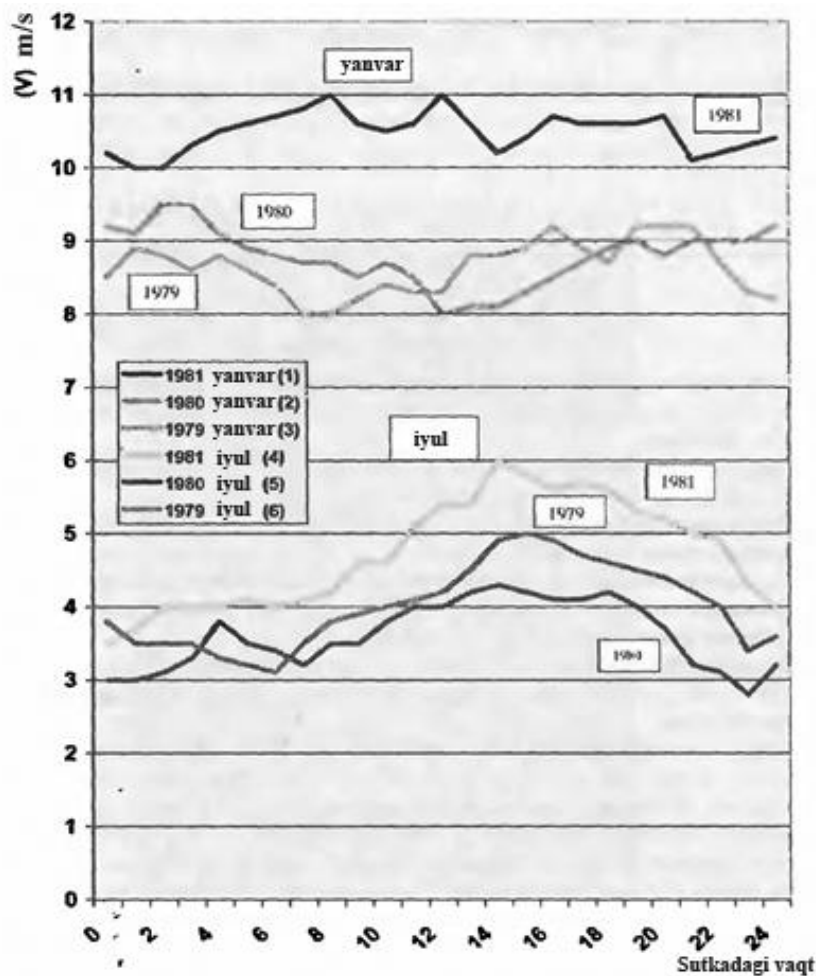
O'rtacha shamol tezligining kunlik zarbasi-bu ma'lum bir oyda va ko'p yillik kuzatuvlarda barcha kunlar bo'yicha o'rtacha hisoblangan kun davomida shamol tezligining o'zgarishi.

O'rtacha shamol tezligining yillik zarbasi-bu ko'p yillik o'rtacha oylik shamol tezligining yil davomida oylik o'zgarishi. O'rtacha shamol tezligining vaqtga bog'liqligining ko'rib chiqilgan xususiyatlari nafaqat ma'lum bir hududning shamol energetikasi salohiyatini, balki shamol energiyasini etkazib berish jadvali va shamol energiyasini etkazib berish jadvali o'rtasidagi muvofiqlik darajasini hisobga olgan holda undan foydalanish samaradorligini baholash uchun muhimdir. iste'molchi energiya yuklash jadvali.

gidroelektr inshootlari bilan birgalikda ishlatish uchun juda qulaydir. [7]. Maksimal o'rtacha oylik stavkalar sovuq mavsumda sodir bo'ladi va issiqlik va elektr energiyasini iste'mol qilishning mavsumiy cho'qqisiga to'g'ri keladi; shu bilan birga, u yillik daryo oqimining minimal darajasiga to'g'ri keladi, ya'ni. gidroenergetikaning mavsumiy tanqisligini qoplash imkonini beradi. O'rtacha tezlikning kunlik o'zgarishi yozda sezilarli darajada namoyon bo'ladi va kunduzi tezlik kechaga qaraganda o'rtacha 1-2 m / s yuqori, bu shamoldan samarali

foydalanish uchun qulaydir, chunki maksimal energiya sarfi. kunduzi ham sodir bo'ladi.

Rossiyaning janubiy hududlari uchun o'rtacha shamol tezligining yillik kursining profili shimoliy hududlardagi o'rtacha tezlikning yillik kursiga sifat jihatidan mos keladi ( 11.2 va 11.3- rasm ).



**11.3-rasm.** 1979 yil yanvar va iyul oylarida Barents dengizi qirg'og'ida shamol tezligining kunlik o'zgarishi (3 va 6). 1980 (2 va 5) va 1981 (1 va 4).

### *Shamol tezligini taqsimlanish xususiyatlari*

Tasodifiy miqdorning taqsimlanish xususiyatlarini tavsiflashning ikki yo'li mavjud, bu holda shamol tezligi  $v$  qandaydir balandlikda.

$V_1 (i = 1, 2, \dots, n)$  qiymatlari yaqinidagi  $D V_1$  oraliqlariga bo'lishga asoslangan, ular odatda o'rtasiga to'g'ri keladi. mos keladigan interval, tezlikning tasodifiy qiymatlari namunasini bevosita eksperimental olish va shamol tezligining chastotasini aniqlash, ya'ni. tezlikning nisbiy ulushi  $I$  har bir  $D V_1$  oralig'iga tushadi,  $u$  tezlik paydo bo'lishining differensial ehtimoli  $V_1$  deb ham ataladi. Bunda shart (normalizatsiya) kuzatiladi:

$$\sum_{i=1}^n t_i = 1$$

kadastrning eng muhim xususiyatlaridan biridir. Bu ko'rib chiqilayotgan davrda shamolning ma'lum bir tezligi bo'lgan qancha vaqtni ko'rsatadi. Shunday qilib, shamolning energiya qiymati aniqlanadi, undan foydalanishning maqsadga muvofiqligi va samaradorligi baholanadi.

Shamolning o'rtacha tezligi  $\langle v \rangle$  bahosi quyidagicha ifodalanadi:

$$\langle v \rangle = \sum_{i=1}^n v_i \cdot t_i \quad (12.1)$$

Har qanday tezlik funksiyasining o'rtacha qiymatining taxmini xuddi shunday hisoblab chiqiladi.

$F_i$  integral ehtimoli shamol tezligining  $i$  - yoki undan yuqori tezlik oralig'iga tushishi ehtimoli sifatida aniqlanadi:

$$F_i = \sum_{i-i}^n t_j = 1 - \sum_{j=1} t_j \quad (12.2)$$

normallashtirish sharti (12.2)  $F_i = 1$  shaklida ifodalanadi.

$v$  tasodifiy qiymatlarining quyidagi tegishli ta'riflarga muvofiq taqsimlanishini tavsiflovchi  $F(v)$  va  $f(v)$  deterministik model funksiyalarini qidirishga asoslangan:

$F(v)$  - shamol tezligi  $v$  qiymatidan kattaroq bo'lish ehtimoliga teng kumulator taqsimot funksiyasi;

$f(v) = dF(v)/dv$  - ehtimollik zichligiga teng bo'lgan differentsial taqsimot funksiyasi, ya'ni.  $v$  va  $v + dv$  orasidagi oraliqdagi tezlikni topish ehtimolining  $dv$  oraliq kengligiga nisbati.

$f(v) > 0$  tengsizligini va ehtimollik taqsimoti funksiyalari uchun normalizatsiya shartlarini bildiradi:

$$F(0) = 1;$$

$$F(\infty) = 0;$$

$$\int_0^{\infty} f(v) dv = F(0) - F(\infty) = 1 \quad (12.3)$$

Shamol tezligining o'rtacha qiymati yoki matematik taxmini  $M[v]$  ifodani beradi:

$$M[v] = \int_0^{\infty} v \cdot f(v) dv \quad (12.4)$$

Xuddi shunday, har qanday tezlik funksiyasining o'rtacha qiymati yoki matematik taxmin hisoblanadi.

Shamol tezligini taqsimlash funksiyalarining har xil turlari ko'plab tadqiqotlarda taklif qilingan, shu jumladan jadvali - Pomortsev Grintsevich Gullen va analitik - Grinevich, Weibull, Reyleigh. Shu bilan birga, shamol tezligini oddiy analitik taqsimlashdan aniqlandi 4-20 m/s tezlik oralig'ida eng aniq natijalar olinadi da ifodalar bilan berilgan ikkita parametr Weibull taqsimotidan foydalanib :

$$F(v) = e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (12.5)$$

$$f(v) = \frac{k}{c} \cdot \left[\frac{v}{c}\right]^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (12.6)$$

tezlik o'qi bo'yicha taqsimot funksiyasining o'zgarish masshtabini,  $k$  parametri esa taqsimotning tikligini xarakterlaydi.

Bunda, xususan, (12.4) ga muvofiq tezlikning  $M[v^3]$  s -boshlang'ich momentining matematik kutilishi quyidagi ifodani oladi:

$$M[v^3] = c^3 A \left[ 1 + \frac{s}{k} \right] \quad (12.7)$$

Bu yerda  $G(x)$  gamma funksiyasi.  $K$  ortishi bilan kutilgan tezlik qiymatlarining tarqalishi kamayadi va uning  $S$  -boshlang'ich momenti  $s^3$  qiymatiga yaqinlashadi .

*Haqiqiy ma'lumotlarga ko'ra shamol tezligining takrorlanishi.*

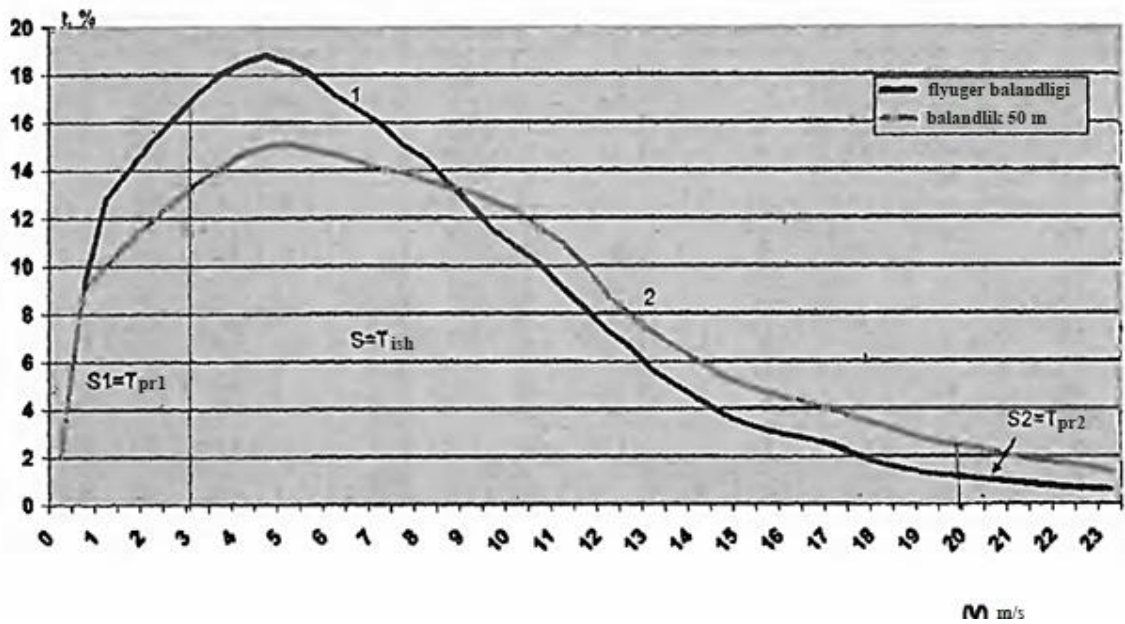
Uning mohiyati shundaki, shamol tezligining barcha diapazoni - noldan maksimal mumkin bo'lgan tezlikgacha bo'lgan oraliqlarga bo'linadi. Odatda qabul qilingan intervallar jadvalda keltirilgan. 2.2.3, ya'ni. shkalaning boshida interval 2 m/s, 18 m/s dan boshlab - ikkita, keyin 3 va 5 m/s. Kuzatish davrida shamol tezligi mos keladigan intervalga ( $r_1$ ) necha marta tushishi to'g'risida hisobot tuziladi, agar o'lchovlarning umumiy soni ( $K$ ) bo'lsa, ehtimollik ( $t_i$ ) formula bilan aniqlanadi:

$$t_i = r_i / R \quad t_i \% = r_i / R_1 \cdot 100 \quad (12.8)$$

Tabiiyki, kuzatuv davri qancha ko'p bo'lsa, natijalarning ishonchliligi shunchalik yuqori bo'ladi.

Jadvalga ko'ra. 12.1 shamol tezligining takrorlanish egri chizig'i quriladi (12.2-rasm), unda to'xtab qolish vaqti qayd etiladi, shamol tezligi shamolning boshlang'ich tezligidan kamroq (odatda 3-4 m/s) ehtimollik egri chizig'i bilan tavsiflangan maydonga mutanosib.) va maksimal mumkin bo'lgan ish tezligidan (odatda 20-25 m/s) shamol tezligi.





**12.1-rasm.** Haqiqiy ma'lumotlarga ko'ra shamol tezligini ob-havo pardasi balandligida (1) va shamol turbinasi boshining balandligida ( $N=50m$ ) taqsimlash.

12.1- jadval

**Shamol tezligini taqsimlash funksiyasini ob-havo pardasi balandligida (haqiqiy ma'lumotlar) va shamol g'ildiragi o'qi balandligida qurish**

| Intervallar<br>Xonim | Tezlik<br>gradatsiyasi,<br>m/s | Intervaldagi<br>o'rtacha tezlik | $t(v), \%$<br>$v = 7,0m / s$ | $t(v), \%$<br>$v = 8,5 m / s$ |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| >40                  | 40,5-                          | 40                              | 0                            | 0                             |
| 35-40                | 34,5-40,5                      | 37,5                            | 0,1                          | 0,1                           |
| 29-34                | 28,5-34,5                      | 31,5                            | 0,1                          | 0,5                           |
| ha ge                | 24,5-28,5                      | 26,5                            | 0,3                          | 0,8                           |
| 21-24                | 20,5-24,5                      | 22,5                            | 0,5                          | 1,6                           |
| 18-20                | 17,5-20,5                      | 19,0                            | 1,7                          | 2,7                           |
| 16-17                | 15,5-17,5                      | 16,5                            | 2,8                          | 4,7                           |
| 14-15                | 13,5-15,5                      | 14,5                            | 3,8                          | 5,4                           |
| 12-13                | 11,5-13,5                      | 12,5                            | 6,5                          | 7,9                           |
| 10-11                | 9,5-11,5                       | 10,5                            | 10,2                         | 11,5                          |
| 8-9                  | 7,5-9,5                        | 8,5                             | 13,5                         | 13,0                          |
| 6-7                  | 5,5-7,5                        | 6,5                             | 16,8                         | 14,7                          |
| 4-5                  | 3,5-5,5                        | 4,5                             | 18,4                         | 15,1                          |
| 2-3                  | 1,5-3,5                        | 2,5                             | 16,0                         | 12,8                          |
| 0-1                  | 0-1,5                          | 0,75                            | 11,9                         | 9,4                           |

### *Maksimal shamol tezligi.*

Shamolning maksimal tezligi shamol turbinalarining barqarorligini hisoblash uchun asosiy qiymatdir. maksimal tezlik, tabiiy ravishda, fyuger balandligida va shamol turbinasi boshining balandligida farq qiladi. Meteorologik stansiyalarda shamolning maksimal mumkin bo'lgan tezligi ma'lum yillarda bir marta, masalan, 1-5-10-20 yil ichida qayd etiladi.

12.3 – jadval maksimal tezliklar haqidagi ma'lumotlarga misol keltirilgan.

12.2-jadval

### **O‘zbekiston hududlarida shamolning o‘rtacha tezligi (m/s).**

| Hududlar  | Yanvar | Fe ral | Mart | A rele | may | iyun | iyul | A qalin | sentyabr | oktyabr | H noyabr | dekabr |
|-----------|--------|--------|------|--------|-----|------|------|---------|----------|---------|----------|--------|
| Toshkent  | 2.1    | 3.2    | 2.5  | 4.3    | 4.4 | 3.4  | 2.3  | 4.3     | 5.2      | 4.2     | 4.2      | 5.1    |
| Nukus     | 6.4    | 5.3    | 4.0  | 6.5    | 5.8 | 3.6  | 4.1  | 3.7     | 5.6      | 3.6     | 4.7      | 3.8    |
| Urganch   | 3.6    | 4.4    | 4.1  | 3.3    | 3.1 | 3.3  | 2.7  | 2.7     | 2.3      | 2.4     | 2.8      | 4.0    |
| Buxoro    | 4.9    | 4.9    | 5.7  | 4.6    | 3.2 | 3.7  | 4.6  | 4.0     | 5.7      | 3.2     | 3.3      | 3.4    |
| Navoiy    | 3.7    | 4.0    | 5.1  | 2.5    | 2.8 | 2.5  | 3.6  | 1.9     | 2.6      | 2.7     | 3.1      | 4.2    |
| Samarqand | 3.6    | 4.4    | 3.6  | 4.5    | 2.3 | 1.3  | 1.5  | 1.0     | 1.9      | 1.7     | 1.8      | 1.8    |
| Jizzax    | 1.5    | 1.6    | 2.1  | 1.8    | 2.1 | 1.7  | 1.5  | 1.4     | 1.6      | 1.1     | 1.5      | 1.3    |
| Sirdaryo  | 1.2    | 1.2    | 1.5  | 1.2    | 1.3 | 1.0  | 0,9  | 1.0     | 1.0      | 1.1     | 1.1      | 1.1    |
| Qarshi    | 2.7    | 3.1    | 3.6  | 2.7    | 3.0 | 3.3  | 3.5  | 2.7     | 2.5      | 2.1     | 2.1      | 2.5    |
| Termiz    | 2.9    | 3.7    | 4.6  | 2.7    | 2.9 | 2.5  | 2.6  | 2.3     | 2.4      | 2       | 2.4      | 2.4    |
| Andijon   | 0,8    | 1.2    | 1.7  | 2.1    | 2.1 | 2.3  | 1.9  | 1.4     | 1.5      | 0,8     | 0,8      | 0,8    |
| Namangan  | 1.7    | 1.8    | 2.3  | 2.4    | 2.6 | 2.8  | 2.5  | 2.2     | 2.3      | 2.1     | 1.9      | 1.5    |
| Farg'ona  | 0,7    | 0,8    | 1.0  | 1.2    | 1.1 | 1.1  | 1.0  | 1.9     | 1.9      | 1.8     | 1.9      | 1.8    |

O‘zbekiston hududida eng past o‘rtacha oylik tezlik odatda 0,8 m/s dan kam emas. Bundan tashqari, eng yaxshi natijalar Buxoro, Xorazm, Navoiy va Qoraqalpog‘iston Respublikasida kuzatilmoqda.

Qoraqalpog‘iston Respublikasida shamolning o‘rtacha tezligi yuqori, oylik ko‘rsatkichlar orasidagi farq esa unchalik katta emas. Bu shamol turbinasining eng yaxshi ishlash omillaridan biridir. O‘rtacha oylik stavka katta bo‘lgani uchun, bu sizga ko‘p energiya olish imkonini beradi.

12.3-jadval.

### Shamolning maksimal tezligi 2021 yil

| ob-havo stantsiyalari | 10 m balandlikda shamol tezligi m/s | 50 m balandlikda shamol tezligi m/s |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Novainskiy            | 14                                  | 25                                  |
| Qarshi                | 13.60                               | 19                                  |
| Toshkent              | 9                                   | 12                                  |

Ma'lum bir hudud uchun ma'lum yillarda bir marta bo'lishi mumkin bo'lgan ob-havo pardasi balandligidagi shamol tezligining maksimal me'yoriy qiymati qurilish qoidalari va qoidalarining ma'lumotnomalarida ko'rsatilgan [SNiP] .

SNiP bo'yicha me'yoriy tezlik boshi quyidagilarga teng:

$$q = \frac{1}{2} \cdot \rho V_{max}^2 \quad (12.8)$$

bu erda  $\rho$  - havo zichligi. Nominal havo zichligi  $\rho_0$  1,226 kg / m<sup>3</sup>, 15 ° C (288 K) haroratda va 760 mm simob bosimida, ya'ni dengiz sathida. Haroratga ( $T_{(k)}$ ) va bosimga (mm Hg da) qarab, bosim formula bo'yicha hisoblanadi.

$$\rho = \rho_0 \frac{288 \cdot B}{760 \cdot T_K} \quad (12.9)$$

[2.15] dagi maksimal tezlikni 2 daqiqalik oraliqda o'rtacha sifatida qabul qilish kerak. Biroq, ob-havoga ko'ra, o'rtacha qiymat olinmaydi, shuning uchun maksimal tezlik uchun os koeffitsienti orqali tuzatish kiritiladi.

$$\alpha = 0,75 + \frac{5}{V_{max.изм}} < 1$$

tahrirlanganidek

$$V_{Hmax} = \alpha \cdot V_{max\ изм} \quad (12.10)$$

Shamol turbinalarining mustahkamligi va barqarorligini hisoblash uchun shamol teshiklari va ular tezlik boshiga olib keladigan dinamik qo'shimchani (koeffitsientni) hisobga olish kerak, bu formula bilan aniqlanadi:

$$K_{пор} = V_{\Delta t, max} / V_1$$

$V_{D_{tmax}}$  uzoqroq vaqt davomida o'rtacha maksimal shamol tezligi  $D t \ll t$ .

Agar biz 1 = 2 daqiqani olsak, unda

$$V_{Hmax} = K_{пор} \cdot \alpha \cdot V_{max\ изм} \quad (12.11)$$

Yong'inlik koeffitsienti qabul qilingan qiymatlarga bog'liq  $D t$ ,  $t$ ,  $V_1$  er yuzasidan balandlik, pastki sirtini kesish va boshqa bir qator omillar.

Odatda ob-havo pardasi balandligida  $K \approx 1,2-1,3$  va balandlikda

$$K_{пор} = 1,15 \times 1,2$$

Shamol turbinalarining bo'ronli shamollarga chidamliligi to'g'risidagi ma'lumotlar 2.1-ilovada keltirilgan.

### *Shamolning energetik xususiyatlari*

Turbulentlik bo'lmasa, shamol tezligi vektoriga perpendikulyar  $A$  maydonining ko'ndalang kesimidan vaqt birligida o'tadigan havo hajmi taniqli formula bilan hisoblangan kinetik energiyaga ega. Chunki biz vaqt birligi uchun energiya haqida gapiramiz, lekin bu kuchdan boshqa narsa emas, shuning uchun

$$P_0 = \frac{mV^2}{2} \quad (12.12)$$

bu erda havoning massasi " $m$ " silindr yoki parallelepiped hajmidagi havo massasi sifatida belgilanadi, asosiy maydoni  $A$  va uzunligi  $V$  tezlikka teng. Havo zichligi  $\rho$  ni hisobga olgan holda, lahzali quvvat. teng:

$$P_0 = 1/2\rho A \cdot V^3 [V] \quad (12.13)$$

Ushbu davr uchun tezlikni gradatsiyalar bo'yicha taqsimlashni hisobga olgan holda ma'lum bir vaqt (masalan, bir yil) uchun o'rtacha o'ziga xos quvvatni quyidagi ifoda bilan aniqlash mumkin:

$$\langle P \rangle = \sum_{i=1}^n P_{vi}^{xti} = 1/2 \cdot \rho \cdot \sum_{i=1}^n V_i^3 \cdot t_i \quad (12.14)$$

Va o'ziga xos energiya  $E = \langle R \rangle \cdot T$  ni uradi

Shamolning energiya xarakteristikalarini yalpi, texnik va iqtisodiy resurslar yoki potentsialdir.

#### *Yalpi potentsial*

Mintaqaning (mamlakat, qit'aning) shamol energiyasining yalpi (nazariy) salohiyati mintaqa hududida bir yil davomida foydalanish

mumkin bo'lgan o'rtacha yillik umumiy shamol energiyasining bir qismidir.

Ko'rib chiqilayotgan mintaqada har birida shamol energiyasining o'ziga xos kuchi, shuningdek, geografik, iqlim va ob-havo sharoitlari zonaning butun maydonida bir xil bo'lgan uchastkalar yoki zonalar to'plami sifatida ifodalanadi. Qoidaga ko'ra, zonalar meteorologik stansiyalarning joylashuviga mos kelishi kerak. Mintaqaning yalpi potentsiali  $W_v$ , kVt/soat - uni tashkil etuvchi zonalarning yalpi potentsiallari yig'indisi.

Mintaqaning shamol energiyasining o'ziga xos yalpi potentsiali - shamol oqimining o'rtacha solishtirma kuchi bilan belgilanadi  $\langle R \rangle$ , kVt/m<sup>2</sup>.

$$W_{yalpi} = \langle P \rangle \cdot T / 20 \quad (12.15)$$

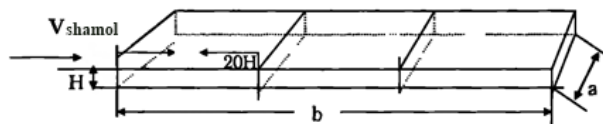
Bu erda  $T = 8760$  soat / yil.

[12.15] formulaning kelib chiqishini ko'rib chiqaylik, chunki bu barcha energiya xususiyatlarini aniqlash uchun juda muhim nuqtadir. Yalpi potentsial havo balandligi "H" bo'lgan to'siq ("havo to'g'oni") atrofida o'tganda, buzilgan oqim to'siqdan keyin 20N ga teng masofada to'liq tiklanadi degan taxminga muvofiq aniqlanadi.

Shamol energiyasining yalpi potentsialini aniqlash modeli shamol yo'nalishiga perpendikulyar yo'naltirilgan va har biridan 20 N masofada Yerning tekis yuzasida joylashgan balandligi H bo'lgan "havo to'g'onlari" tizimidir. boshqa.

Hududdan o'tadigan havo massalarining ma'lum o'ziga xos energiyasi ( $E_{in}$ , W-h / m<sup>2</sup>) bo'lgan tomonlari a va b ( $S = a b$ ) bo'lgan har bir to'rtburchaklar maydon uchun yalpi potentsialni aniqlash vazifasi

hajmini aniqlashga qisqartiriladi. havo oqimlari bilan kesib o'tgan samolyotlar soni va saytdagi ushbu samolyotlarning soni ("ramkalar"). Bu rasmda tushuntirilgan. 12.2



**12.2-rasm.** Shamol energiyasining yalpi salohiyatini aniqlash modeli

Formuladan ko'rinib turibdiki, yalpi potentsial qatlam qalinligi  $H$  ga aniq bog'liq emas. Bu bog'liqlik potentsialni hisoblash uchun ishlatiladigan shamol tezligi orqali o'zini namoyon qiladi. Shunday qilib, "O'zbekiston shamollari atlasida" potentsialni aniqlash uchun 50 m balandlikdagi tezlik olindi, bu shamol turbinalarining zamonaviy parametrlaridan ko'rinadi .

Shubhasiz, ramkalarining maydoni quyidagilarga teng:

$$A = a \cdot H$$

va saytdagi ramkalar soni

$$n_p = \frac{b}{20H}$$

Havo oqimlari kesib o'tgan umumiy maydon

$$S_{hisob} = A \cdot n_p = \frac{a \cdot H \cdot b}{20H} = \frac{S}{20} \text{ bu erda } S = ab \quad (12.16)$$

12.16 formulasi  $a$  va  $b$  tomonlari shamol tezligiga nisbatan almashtirilsa o'zgarmaydi . Shunda shamol energiyasining  $S$  maydonidagi yalpi potentsiali quyidagicha bo'ladi:

$$W_B = E_B \cdot S_{hisob} = E_B \cdot \frac{S}{20} = \frac{1}{40} \cdot \rho \cdot T \cdot S \cdot \sum_{i=1}^n v_i^3 \cdot t_i \quad (12.17)$$

VA Shunday qilib, birinchi qarashda, paradoksal natija ko'rinadi. Shamol energiyasi aslida shamol tezligiga perpendikulyar kesma maydoniga bog'liq va (12.17) formulada u yer yuzasidagi maydonga bog'liq. Shubhasiz, butun "fokus" "havo" kanallari orasidagi masofada joylashgan.

Zonaning (hududning) yalpi salohiyati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$W_B = W_{yalpi} \cdot S$$

Bu erda  $S$ ,  $m^2$ , er yuzasi zonasining maydoni.

## TEXNIK SALOHIYAT

Viloyatda shamol energetikasining texnik salohiyati - bu mintaqada shamol energetikasining yalpi salohiyatidan foydalanish natijasida texnik vositalarning hozirgi rivojlanish darajasi va ekologik me'yorlarga rioya qilgan holda olinishi mumkin bo'lgan umumiy elektr energiyasidir. Uni tashkil etuvchi zonalarning texnik imkoniyatlari yig'indisidir .

Shuning uchun texnik potentsial shamol elektr stantsiyasining parametrlariga , bosh balandligidagi hududdagi o'rtacha yillik shamol tezligiga, shuningdek, zonaning qurilishi uchun mos keladigan qismiga bog'liq. o'simlik. Texnik potentsialni quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$W_T = W_B \cdot C_p \cdot \eta_r \cdot \eta_p \cdot S_T/S \quad (13.1)$$

Bu erda  $C_p$  - shamol energiyasidan foydalanish koeffitsienti, bu murakkab qonun bo'yicha shamol tezligiga bog'liq bo'lib, Jukovski-Betz bo'yicha maksimal qiymatdan 0,593 ga teng, 0,05 tartibning minimal qiymatigacha o'zgaradi. Erishilgan maksimal qiymat 0,4-0,45 ni



tashkil qiladi. Yuqoridagi maqsadlar uchun koeffitsient 0,2 deb qabul qilinadi. Ushbu masala 3-bo'limda batafsil muhokama qilinadi.  $\bar{\epsilon}_1$  va  $\bar{\epsilon}_r$  - mos ravishda generator va shamol turbinasi vites qutisining samaradorligi, ularning qiymatlari 0,9 ga teng bo'lishi mumkin;

$S_t$  - texnik va ekologik cheklovlarni hisobga olgan holda shamol turbinalarini joylashtirish mumkin bo'lgan zona (mintaqa) maydoni . - Dastlabki hisob-kitoblar shuni ko'rsatadiki, ushbu hududning o'lchami zonaning (mintaqaning) umumiy maydonining 10 dan 30 foizigacha o'zgarishi mumkin. Biz  $S_t$  ni 12% ga teng olamiz.

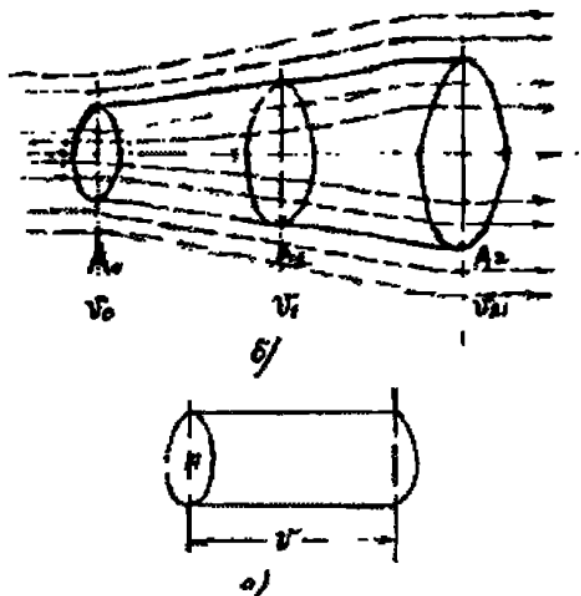
Yuqoridagi qiymatlarni (2.30) o'rniga qo'yib, biz yalpi va texnik potentsiallar o'rtasidagi nisbatni olamiz:  $W_T / W_B = 0,02$ .

## **SHAMOL TURBINALARINING NAZARIY ASOSLARI**

2.2.2-bo'limda ko'rsatilganidek. shamol oqimining kuchi ifoda bilan aniqlanadi (13.1a-rasm)

$$P_0 = \frac{1}{2} \rho \cdot A_1 \cdot v_0^3 [\text{V}] \quad (13.2)$$

Shamol g'ildiragi nazariyasiga ko'ra, shamol turbinasi orqali erkin oqim o'tganda, havo buzilmaydi va g'ildirakning o'zi yupqa o'tkazuvchan disk bilan almashtiriladi. havo oqimi unga energiyaning bir qismini beradi o'zaro ta'sir, buning natijasida shamol oqimidagi bosim pasayadi va laminar oqimga buzilishlar kiritiladi, uning ta'siri birinchi yaqinlashuvda e'tiborga olinmaydi.



**13.1-rasm.** Shamol oqimining kuchini hisoblash sxemasi (a) va shamol oqimi va shamol g'ildiragining o'zaro ta'siri modeli (b)

13.1b–shaklda ko'rsatilgan shamol g'ildiragi tomonidan supurilgan maydon ( $A_1$ ) va oqimning shamol g'ildiragidan oldingi va keyingi kesimlari ( $A_0$  va  $A_2$ ) shamol g'ildiragi tomonidan buziladigan maydondan tashqarida va  $A_2$  bo'limi eng past oqim tezligi o'rnida joylashgan.

Shamol g'ildiragiga ta'sir qiluvchi  $F_1$  kuchi, vaqt birligida  $m$  massasi bilan u orqali o'tadigan havo harakati miqdorining o'zgarishiga teng, ya'ni.

$$F_1 = mv_0 - mv_2 \quad (13.2)$$

Shamol turbinasi kuchi, ya'ni. Ushbu kuch tomonidan ishlab chiqilgan quvvat uning kesishishidagi shamol tezligiga bog'liq va quyidagilarga teng:

$$P = F_1 \cdot v_1 = (v_0 - v_2)v_1 \quad (13.3)$$

Ammo bu quvvat, asosan, shamol g'ildiragi bilan vaqt birligida o'zaro ta'sir qilish natijasida yo'qolgan energiyadir. Bu  $A_0$  va  $A_2$  bo'limlaridagi kinetik energiyalar orasidagi farq, ya'ni.

$$P_w = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}m(v_0^2 - v_2^2) \quad (13.4)$$

1 3.3 va 1 3.4 ni tenglashtirib , “m” ga kamaytirsak:

$$(v_0 - v_2)v_1 = \frac{1}{2}(v_0^2 - v_2^2) = \frac{1}{2}(v_0 - v_2)(v_0 + v_2) \quad (13.5)$$

Bu yerdan

$$v_1 = \frac{v_0 + v_2}{2} \quad (13.6)$$

(13.6) dan juda qiziq xulosa kelib chiqadi: shamol g'ildiragi tekisligidagi havo oqimining tezligi kelayotgan oqim tezligining yarmidan kam bo'lishi mumkin emas. Haqiqatan ham, agar ( 1 3.6)  $v_2$  da nolga teng bo'lsa, u holda  $v_1$   $0.5v_0$  ga teng bo'ladi . Ammo beri  $v_2$  nolga teng bo'lishi mumkin emas, u holda  $v_1$  har doim  $0,5 v_0$  dan katta bo'ladi.

Vaqt birligida  $A_1$  kesimidan o'tadigan havo massasi quyidagilarga teng ekanligini hisobga olsak:

$$m = \rho \cdot A_1 \cdot v_1 \quad (13,7)$$

u holda shamol turbinasi kuchining ifodasi quyidagi shaklni oladi:

$$P = \rho \cdot A_1 \cdot v_1^2(v_0 - v_2) \quad (13.8)$$

va (3.8) dagi  $v_2$  ni (3.6) dan almashtirgandan so'ng, ( $v_2 = 2v_1 - v_0$ )biz shamol turbinasi kuchining yakuniy formulasini olamiz:

$$P = \rho \cdot A_1 \cdot v_1^2[v_0 - (2v_1 - v_0)] = 2\rho A_1(v_0 - v_1) \cdot v_1^2 \quad (13,9)$$

Shamol g'ildiragidagi erkin oqim tezligining nisbiy (erkin oqim tezligi  $v_0$  ga nisbatan) pasayishi sifatida "a" oqim sekinlashuv koeffitsienti tushunchasi kiritildi , bu ta'rifi bo'yicha:

$$a = \frac{v_0 - v_1}{v_0} \quad (13.10)$$

Keyin

$$v_1 = (1 - a)v_0 \quad (13.11)$$

va hisobga olgan holda ( 1 3.6)

$$a = \frac{v_0 - v_2}{2v_0} \quad (13.12)$$

"A" koeffitsienti indüktsiyon koeffitsienti yoki tebranish koeffitsienti deb ham ataladi.

Yuqorida o'tkazilgan transformatsiyalar natijasida koeffitsientni eksperimental ravishda aniqlash mumkin, chunki  $v_0$  va  $v_2$  tezliklarini o'lchash imkoniyati ob'ektiv ravishda mavjud, ammo shamol g'ildiragi tekisligida ( $v_1$ ) yo'q.

( 1 3.11) dan ( 1 3.9) ga ( $v_1$ ) almashtirib, shamol g'ildiragining quvvati ifodasini olamiz :

$$P = 2\rho \cdot A_1 \cdot (1 - a)^2 \cdot v_0 [v_0 - (1 - a)v_0] = 2\rho A_1 v_0^3 (1 - a)^2 \cdot a = \frac{1}{2} \rho A_1 v_0^3 \cdot 4a(1 - a)^2 \quad (13.13)$$

(13.1) va (13.13) iboralarni solishtirib shuni olamiz

$$P = C_p \cdot P_0$$

Qayerda

$$C_p = 4a(1 - a)^2 \quad (13.15)$$

Shamol oqimining quvvat samaradorligi omili yoki quvvat omili. (3.15) ifodaning "a" ga nisbatan hosilasini olib, uni nolga tenglashtirib, Sr maksimal qiymati qiymatga yetganini topamiz.

$$a = \frac{1}{3} \cdot aC_{pmax} = \frac{16}{27} = 0,59259 \cong 0,593$$

Bular eng yaxshi holatda, shamol oqimining yarmidan bir oz ko'proq quvvati shamol turbinasida ishlatilishi mumkin. Bu shamol g'ildiragi yaqinidan chiqib ketish uchun havo oqimi kinetik energiyaga ega bo'lishi kerakligi bilan izohlanadi. Chet el adabiyotlarida  $C_p$  koefitsientining maksimal qiymati (13.16) Betz mezonini deb ataladi, ammo undan mustaqil ravishda bu qiymat N.E. Jukovskiy va adolat uchun uni Betz-Jukovskiy mezonini deb atash kerak. Bu suyuqlik yoki gazning erkin oqimining energiyasidan foydalanadigan har qanday elektr stantsiyasi uchun amal qiladi. Bunday gidroelektrostantsiyalar erkin oqim deb ataladi. An'anaviy gidroelektrostantsiyalar uchun suv bosimli quvur liniyasi orqali ta'minlanadi va quvvatni aniqlash uchun ifoda bosh va suv oqimi bilan belgilanadi.

$C_p$  koefitsientining "a" tormoz koefitsientiga bog'liqligi 13.2-rasmda ko'rsatilgan. Haqiqiy shamol turbinalari uchun bu koefitsientning shamol tezligiga amaliy bog'liqliklari 13.3 da ko'rib chiqiladi .

Ba'zan shamol turbinasi uchun texnik ma'lumotlarda qiymat beriladi samaradorlik koefitsienti Betz-Jukovskiy mezonidan sezilarli darajada oshadi. Shubhasiz, bu holda biz shamol turbinasining haqiqiy quvvatining nazariy jihatdan mumkin bo'lganiga nisbatini nazarda tutamiz , uni quyidagi ifoda bilan aniqlash mumkin:

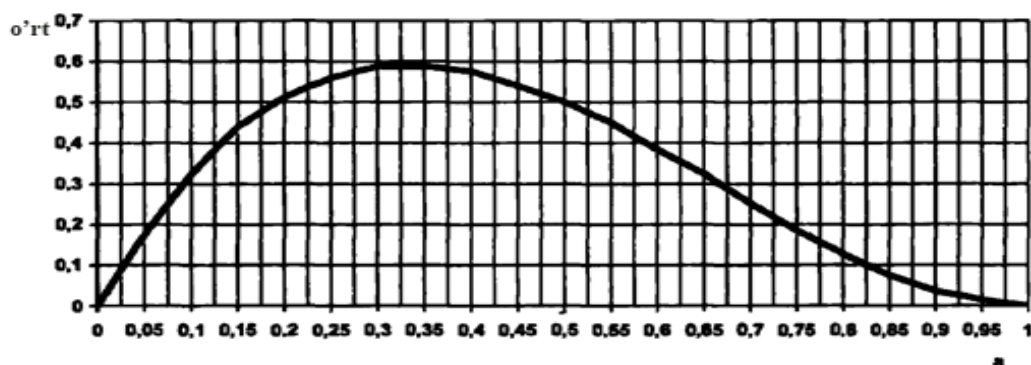
$$\eta_{\Sigma} = \frac{P_{\text{вз\u0443}}^{\text{факт}}}{P_{\text{вз\u0443}}^{\text{расч}}} = \frac{C_p^{\text{факт}} \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{эл}} \cdot P_0}{C_p^{\text{расч}} \cdot P_0} = \frac{C_p^{\text{факт}} \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{эл}}}{C_p^{\text{расч}}} \quad (13,17)$$

bu yerda  $\eta_{\text{Mex}}$  - shamol g'ildirigidan generatorga mexanik quvvat o'tkazish samaradorligi

$\eta_{\text{el}}$  - generator va elektr konversiya sxemasining samaradorligi;

$C_p^{\text{hisop}}$  — dizayn quvvat koeffitsienti;

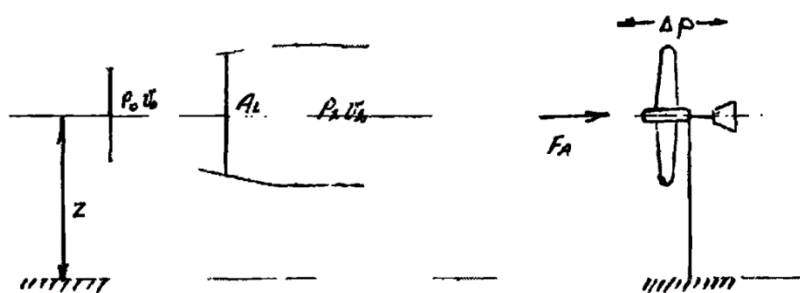
$C_p^{\text{haqiqi}}$  haqiqiy quvvat omilidir .



**13.2-rasm.** Quvvat koeffitsientining ( $C_p$ ) oqim sekinlashuv omiliga ( $a$ ) bog'liqligi

### *Shamol turbinasiga frontal bosim*

Ma'lumki, siqilmaydigan ideal suyuqlikning barqaror oqimi Bernulli tenglamasi bilan tavsiflanadi. Ushbu tenglamani asos qilib olib, biz shamol turbinasi boshdan kechirgan yukni aniqlaymiz. Bu yuk shamol turbinasidan oldin va keyin kelayotgan oqimdagi bosim farqi dr natijasida yuzaga keladi . biz hali ham  $A$  maydoniga ega bo'lgan o'tib bo'lmaydigan disk deb hisoblaymiz (13.3-rasm).



**13.3-rasm.** Frontal bosimning ta'rifiga

Shunday qilib, bosim va tezlikning doimiyligini o'rnatadigan Bernulli tenglamasiga muvofiq, bizning holatimiz uchun biz yozamiz:

$$\frac{P_0}{\rho_0} + g \cdot z_1 + \frac{v_0^2}{2} = \frac{P_2}{\rho_2} + g \cdot z_2 + \frac{v_2^2}{2} \quad (13.18)$$

"Z" balandligi va havo zichligi "r" ning o'zgarishi asosiy qiymatlarga nisbatan ahamiyatsiz, shuning uchun biz yozishimiz mumkin:

$$\Delta P = P_0 - P_2 = \frac{(v_0^2 - v_2^2) \cdot \rho}{2} \quad (13.19)$$

bu erda  $P_0$  - diskdagi statik bosimning pasayishi va  $P_2$  - dinamik bosim. Maksimal bosim tushishi  $v_2 = 0$  bo'lsa, ya'ni bo'ladi.

$$\Delta P_{\max} = \frac{\rho v_0^2}{2} \quad (13.20)$$

shamol g'ildiragiga ta'sir qiluvchi maksimal aksenal yuk:

$$F_{A_{\max}} = \frac{\rho A_1 \cdot v_0^2}{2} \quad (13.21)$$

Gorizontal aksenal shamol turbinalarida bu kuch shamol g'ildiragining o'qi bo'ylab harakat qiladi va frontal bosim deb ataladi.

Boshqa tomondan, shamol g'ildiragiga ta'sir qiluvchi kuch - kelayotgan oqimning momentumini o'zgartirish orqali hisoblanishi mumkin, ya'ni. kuch bu:

$$F_A = m(v_0 - v_2) \quad (13.22)$$

(13.22) massa formulasini (13.7) o'rniga shamol g'ildiragi tekisligidagi tezliklar qiymatini  $v_1$ , (13.11) va oqim sekinlashuv koeffitsienti  $a$  (13.12) qiymatini qo'ysak:  $(v_0 - v_2) = 2av_0$ ,

$$F_A = \rho \cdot A_1 \cdot v_1(2av_0) = \rho A_1(1 - a)v_0 \cdot 2v_0 \cdot a = \frac{\rho A_1 v_0^2}{2} \cdot 4a(1 - a) \quad (13.23)$$

$$F_A = \frac{C_F \cdot \rho A_1 \cdot v_0^2}{2} \quad (13.24)$$

Bu shuni anglatadiki, agar  $\frac{\rho A v_0^2}{2}$  biz qiymatni  $A_1$  maydoni bo'lgan o'tkazmaydigan diskda ta'sir qiluvchi kuch sifatida ifodalay olsak, u holda shamol g'ildiragiga ta'sir qiluvchi kuch  $C_F$  koeffitsientiga ko'paytiriladi, frontal bosim koeffitsienti deb ataladi va quyidagilarga teng:

$$C_F = 4a(1 - a) \quad (13.25)$$

Uning birlikka teng bo'lgan eng katta qiymatiga erishiladi, bunda  $a = \frac{1}{2}$ , tezlik  $v_2 = 0$  qiymatiga to'g'ri keladi.

Yuqorida ko'rsatilganidek, eng yuqori qiymatga  $C_p = \frac{16}{27}$  (Betz-Jukovski mezon) erishiladi  $a = \frac{1}{3}$ , keyin u qiymatga mos keladi

$$C_F = \frac{8}{9},$$

Supurilgan yuzaning chetlarida oqimning aylanishi tufayli shamol g'ildiragi modelida ko'rsatilgandek, suv o'tkazmaydigan diskning  $C_F$  koeffitsienti aslida birlikdan oshib ketadi va taxminan 1,2 ga teng. Bu shamol g'ildiragini o'tib bo'lmaydigan disk sifatida ifodalash nazariyasi foydasiga gapiradi va shamol g'ildiragini parraklar orasidagi bo'shliqlar atrofida buzilmagan oqim sifatida ifodalovchi modelni aniqlaydi. Shamol g'ildiragining bunday ko'rinishi, ayniqsa, maksimal qiymat zonasida ishlaganda, himoya qilinmaydi  $S_F$ , shamol g'ildiragi shamol oqimiga maksimal qarshilik ko'rsatganda.

(13.24)dan ko'rinib turibdiki, shamol g'ildiragidagi shamol yuki - kelayotgan oqim tezligining kvadratiga mutanosib ravishda ortadi, shuning uchun o'rta va yuqori quvvatli zamonaviy shamol turbinalarida



\* ish faoliyatini cheklash kerak. shamol g'ildiragining tezligi 20-25 m / s gacha. Bu parraklarni ishlaymaydigan holatga aylantirish orqali amalga oshiriladi, shamol g'ildiragi to'xtaydi va frontal bosimning kuchi keskin pasayadi, chunki. shamol g'ildiragi shamolga "shaffof" bo'ladi. Shamolning maksimal tezligida juda kichik va past quvvatli shamol turbinalarida shamol ostidan gorizontaal yoki vertikal tekislikda "tashlab qo'yish" printsipli qo'llaniladi, buning natijasida ular avtomatik ravishda to'xtaydi.

*Shamol turbinalari tortishish kuchidan foydalanadi*

Yuqorida ko'rsatilganidek, bunday shamol turbinalari vertikal o'qi bo'lgan shamol turbinalari. Umuman olganda, bunday shamol turbinalarining ishlash sxemasi shamol tezligi  $v_0$  ta'sirida  $v$  tezlikda harakatlanuvchi  $A$  maydoniga ega bo'lgan plastinka sifatida ifodalanishi mumkin . Teskari harakat paytida plastinka katlanmaydi va qarshilik ko'rsatmaydi deb faraz qilsak, u holda frontal qarshilikning eng katta kuchi  $F_{max}$  teng:

$$F_{max} = \frac{\rho A (v_0 - v)^2}{2} \quad (13.26)$$

Haqiqiy sharoitda tortish kuchi ( $F_P$ )  $F_{max}$  dan farq qiladi Bu farq  $C_D$  koeffitsienti bilan hisobga olinadi, keyin:

$$F_P = \frac{C_D \cdot \rho \cdot A \cdot (v_0 - v)^2 \cdot v}{2} \quad (13.27)$$

Vaqt birligida plastinkaga uzatiladigan energiya, ya'ni. Vertikal eksenel shamol turbinasining quvvati:

$$P_P = F_P \cdot v = \frac{C_D \cdot \rho \cdot A \cdot (v_0 - v)^2 \cdot v^2}{2} \quad (13.28)$$

(3.28) ni maksimal darajada o'rganib, biz  $R_P$  ning maksimal qiymatiga erishilganligini  $v = \frac{v_0}{3}$  va quyidagilarga teng ekanligini aniqlaymiz:

$$P_{Pmax} = \frac{4}{27} \cdot C_D \cdot \frac{\rho \cdot A \cdot v_0^3}{2} \quad (13.29)$$

boshqa tomondan, vertikal eksenel shamol turbinasining shamol - oqimining kuchi orqali quvvati ma'lum ifoda bilan aniqlanadi:  $R_r = S_r \cdot R_0$

$$P_{pmax} = C_{Pmax} \cdot P_0 = \frac{C_{Pmax} \cdot \rho \cdot A \cdot v_0^3}{2} \quad (13.30)$$

(13.29) va (13.30) tenglashtirib, (13.31) ni olamiz.

$$C_{Pmax} = \frac{4}{27} C_D \quad (13.31)$$

D tortishish koefitsientining qiymati oqimli tananing shakliga bog'liq va noldan 1,5 gacha o'zgarib turadi, bu konkav anemometr stakanlariga tegishli.  $C_D$  maksimal qiymatiga mos keladigan  $C_D$  quvvat omili:

$$C_{Pmax} = \frac{4}{27} \cdot 1,5 = \frac{6}{24} = 0,22 \quad (13.32)$$

$R_{max} = 0,595$  (Betz-Jukovski mezon) ekanligini hisobga olib, biz quyidagi xulosani keltiramiz.

Kelayotgan oqimning bir xil kesimida qarshilik kuchidan foydalanadigan shamol turbinalari ko'tarish kuchidan foydalanadigan shamol turbinalariga qaraganda deyarli uch baravar kam quvvat koefitsientiga ega. Shamolga qarshi qaytib keladigan parraklar (chashka) qarshiligini hisobga olsak, bu farq yanada ortadi.

Savonius shamol turbinasining ba'zi modifikatsiyalarida tortishish kuchi va ko'tarish kuchini birlashtirib, samaradorlikni oshirish mumkin edi.

Tezlik. Ushbu kontseptsiya shamol turbinasi samaradorligini belgilaydi. Keling, ikkita ekstremal rejimni ko'rib chiqaylik, ularning samarasizligi sifat darajasida aniq. Birinchisi, shamol g'ildiragi parraklari juda tez-tez joylashtirilgan yoki shamol g'ildiragi shunchalik tez aylanadiki, har bir parrak oldingi parraklar tomonidan bezovta qilingan turbulent oqimda aylanadi. Natijada, shamol g'ildiragi havoni "maydalaydi" va undan qaytish minimal bo'ladi. Ikkinchi ekstremal holat - parraklar juda kam bo'lsa yoki g'ildirak juda sekin aylanadi, shuning uchun oqimning muhim qismi shamol g'ildiragining kesishmasidan uning parraklari bilan o'zaro ta'sir qilmasdan o'tadi. Bundan kelib chiqadiki, maksimal samaradorlikka erishish uchun ma'lum miqdordagi parraklar bilan shamol g'ildiragining aylanish tezligi qandaydir tarzda shamol tezligiga mos kelishi kerak. Keling, ushbu yozishmalarni belgilovchi munosabatlarni ko'rib chiqaylik.

Shamol turbinasi samaradorligi. shuning uchun u ikkita xarakterli vaqt oralig'ining nisbati bilan aniqlanadi :  $\Delta t_n$ , bu vaqt davomida parrak - parraklar orasidagi masofaga teng masofani harakatga keltiradi; va  $\Delta t_B$ , buning uchun parraklar tomonidan yaratilgan havo oqimining buzilishi harakat qiladi. uning uzunligiga teng masofa.  $\Delta t_B$  vaqt oralig'i o'lchamga bog'liq va parrak profili va shamol tezligiga teskari o'zgaradi.

bilan aylanadigan p-kanatli shamol g'ildiragi uchun vaqt oralig'i  $\Delta t_n$  burchak tezligi  $\bar{\omega}$  ga teng:

$$\Delta t_n \approx \frac{2\pi}{n\omega} \quad (13.33)$$

Eslatib o'tamiz, burchak tezligi formula bo'yicha hisoblanadi

$$\omega = \frac{2\pi \cdot N}{60} \quad (13.34)$$

bu erda  $N$  - shamol g'ildiragining aylanish tezligi, rpm. Shamol g'ildiragi tekisligida parrak tomonidan yaratilgan buzilishning vaqt oralig'i taxminan teng:

$$\Delta t_B \approx \frac{d}{v_0} \quad (13.35)$$

bu erda  $v_0$  - kiruvchi havo oqimining tezligi;

$d$  - parrak bilan bezovta qilingan havo oqimi hududining xarakterli uzunligi.

Shubhasiz, havo oqimining energiya samaradorligi maksimal bo'ladi  $\Delta t_n = \Delta t_b$ , agar (13.33) va (13.35) ni hisobga olsak, bizda:

$$\frac{2\pi}{n\omega} = \frac{d}{v_0}, \frac{n\omega}{v_0} = \frac{2\pi}{d} \quad (13.36)$$

Ta'rifga ko'ra, tezlik omili:

$$Z = \frac{\text{Скорость конца лопасти}}{\text{скорость ветра}} = \frac{R \cdot \omega}{v_0} \quad (13.37)$$

(3.36) ning ikkala qismini shamol g'ildiragi radiusi  $R$  ga ko'paytirib, biz uning ishlashining maksimal samaradorligini aniqlaydigan shartni olamiz :

$$\frac{n \cdot \omega \cdot R}{v_0} = \frac{2\pi R}{d}, \text{ yoki } \frac{\omega \cdot R}{v_0} = \frac{2\pi \cdot R}{d \cdot n}$$

$$Z = \frac{2\pi \cdot R}{d \cdot n}, \text{ yoki } Z = \frac{2\pi R}{nd} \quad (13.38)$$

Parrak tomonidan bezovta qilingan maydonning uzunligi shamol g'ildiragining radiusiga qarab ifodalanishi mumkin, bu bog'liqlikni " $K$ " koeffitsienti bilan ifodalaydi, ya'ni.  $d \approx k \cdot R$ . Keyin optimal tezlik formulasi:

$$Z_0 = \frac{2\pi \cdot}{K \cdot n} \quad (13.39)$$

Amaliyotdan ma'lumki,  $K \approx \frac{1}{2}$  u holda optimal tezlik - quyidagilarga teng:

$$Z = \frac{4\pi}{n} \quad (13.40)$$

(13.39) va (13.40) ifodalar unchalik qat'iy emas, lekin ular shamol turbinasi aylanish tezligini tanlash uchun yaxshi yo'nalish beradi.

Shamol energetikasi rivojlanishining hozirgi holati.

Butun dunyoda shamol elektr stansiyalarining umumiy quvvati 1500 MVt.

Rivojlanishning birinchi davrida 25-50 kVt quvvatga ega VEU ustunlik qildi va 1985 yilda o'rtacha VEU quvvati 100 kVtni tashkil etdi. Birinchi weu narxi 1,5-3 ming doll/kVtni tashkil etdi, ammo elektr stantsiyalaridan foydalanish ko'lami oshgani sayin ularning narxi 1-2 ming doll/ kVtga tushdi.

Italiyada diametri 65 metr bo'lgan shamol g'ildirakli 1,2 MVt quvvatga ega VEU qurilishi boshlangan. 3 MVt quvvatga ega darye rotorli dunyodagi eng yirik ves yaqinda Kanadada ishga tushirilgan. MDHda 4 kVt quvvatga ega gorizontaal o'qi 6 metr uzunlikdagi shamol agregati seriyali ishlab chiqarilishi yo'lga qo'yildi.

Eng katta gorizontaal mashinalarning birlik quvvati kattaroq bo'lishi mumkin emas. 6-8 MVt texnik jihatdan erishish mumkin bo'lgan parrak konsoli uzunligi 60 m. So'nggi yillarda to'g'ri vertikal qanotli shamol turbinalari jadal rivojlanmoqda. Misol uchun, Buyuk Britaniyada 250, 300 va 350 kVt quvvatga ega an'anaviy agregatlar bilan bir qatorda, 160 kVt quvvatga ega, buklandigan, to'g'ri qanotli ortogonal shamol turbinalari qurilmoqda.

## **№1 LABORATORIYA ISHI**

### **SHAMOL ENERGIYASI POTENSIALINI ANIQLASH**

**Ishning maqsadi:** Hududning shamol energetika salohiyatini aniqlash metodikasini o'rganish . Shamolning energiya parametrlarini hisoblash ko'nikmalarini olish.

#### **Qisqa nazariy ma'lumot**

shamol turbinasi, masalan, yiliga ishlab chiqarishi mumkin bo'lgan energiyaning umumiy miqdorini emas, balki doimiy ravishda ta'minlaydigan quvvatni bilish muhimroqdir . 10 dan 12 m / s gacha bo'lgan kuchli shamol bilan shamol turbinalari etarli miqdorda elektr energiyasini ishlab chiqaradi, ba'zida uni tizimga tashlash yoki saqlash kerak bo'ladi. Uzoq muddatli tinch yoki engil shamol davrida qiyinchiliklar paydo bo'ladi. Shuning uchun shamol energiyasining o'rtacha shamol tezligi 5 m / s dan kam bo'lgan hududlarni shamol turbinalari uchun yaroqsiz deb hisoblashi va tezligi 8 m / s ni juda yaxshi deb hisoblashi shamol energiyasi uchun qonundir. Ammo bundan qat'i nazar, barcha holatlarda mahalliy ob-havo sharoitlariga nisbatan shamol turbinasi parametrlarini sinchkovlik bilan tanlash kerak.

#### **1. O'lchash va hisoblash texnikasining tavsifi**

Shamol energiyasi potentsialini tahlil qilish uchun birinchi navbatda yil davomida shamol tezligini har kuni 5 marta teng vaqt oralig'ida o'lchash kerak: 9:00, 12:00, 15:00, 18:00 va 21:00. . Ushbu laboratoriya ob-havo o'lchovlari ma'lumotlar bazasidan foydalanadi. O'lchovlar har kuni bir yil davomida 3 soatlik interval bilan amalga oshirildi.

## O'lchov natijalarini qayta ishlash tartibi .

$u_1, m/s$  ni o'lchash natijalari  $\Delta u$  intervalli guruhlarga birlashtiriladi. O'lchovlarning umumiy soni  $N = 2912$  soniya.

$u_1 = 2 m$  balandlikda amalga oshirilganligi va energiya salohiyatini baholash uchun shamol tezligi  $u, m / s$ , shamol turbinalarini o'rnatish tavsiya etilgan balandlikda kerak  $h$ , shamol  $h$  balandlikdagi tezlik ma'lum taxminan bog'liqlik yordamida aniqlanadi

$$u_1 = \left( \frac{h}{h_1} \right)^{\frac{1}{5}}, \quad (1)$$

bu erda  $h = 100 m$  ga teng olinadi.

3. Shamol tezligining ehtimollik taqsimotining qiymati aniqlanadi

$$\Phi_u = \frac{N_{ui}}{N}, \quad (2)$$

bu erda  $N_{ui}$  -  $i$ -tezlik oralig'idagi o'lchovlar soni. Bog'liqlik qurilmoqda  $\Phi_u = f(u)$ .  $F_{u \Delta u}$  mahsuloti shamol tezligi  $u$  dan  $u + \Delta u$  gacha bo'lgan qiymatlarga ega bo'lgan yilning bir qismi sifatida talqin qilinishi mumkin .

4. Shamol tezligining o'rtacha qiymati  $u_c, m / s$ , munosabat bilan aniqlanadi

$$u_c = \sum \frac{u_i}{N}, \quad (3)$$

Bu erda  $S_{u_i}$  - barcha o'lchangan tezlik qiymatlarining yig'indisi.

5. Ba'zi berilgan  $u'$  tezligidan  $u$  tezligidan katta shamol paydo bo'lishining  $F_{u > u'}$  ehtimolligi aniqlanadi, buning uchun  $u > u'$  bo'lgan barcha tezlik oralig'larining ehtimollari qo'shiladi.  $F_{u > u'}$  ehtimolini - faslning  $u'$  dan katta tezlikda shamollar esadigan qismi sifatida talqin qilish mumkin. Bog'liqlik qurilmoqda  $\Phi_{u > u'} = f(\Phi_{u > u'})$ .

6. Yagona uchastkaning shamol oqimining kuchi  $P_u, Vt$  aniqlanadi

$$P_u = \frac{\rho u^3}{2}, \quad 4)$$

bu erda  $\rho$  - havoning zichligi,  $1,3 \text{ kg / m}^3$  ga teng . Mahsulot  $P_u$  shamol energiyasini taqsimlash funksiyasi. Bog'liqlik qurilmoqda  $P_u = f(u)$ .

7. Bog'liqlik qurilgan  $P_u = f(\Phi_{u>u})$ , bu berilgan quvvatning shamol oqimini kutish ehtimolini aniqlash imkonini beradi. Barcha o'lchov va hisoblash ma'lumotlari jadvalga kiritiladi va EXCEL da qayta ishlanadi. 1-jadvalda o'lchov va hisob-kitoblarning natijalari qisman keltirilgan. O'lchov va hisob-kitoblarni qayta ishlagandan so'ng, olingan natijalarni tahlil qilish kerak .

*1.1-jadval.*

**Farg‘ona viloyatida shamol tezligini o‘lchash natijalarining statistik tahlili**

| u, m/s | N, s | $F_u$ | $F_{u>u}$ | $P_u, \text{kVt} / \text{m}^2$ | $P_u F_u$ |
|--------|------|-------|-----------|--------------------------------|-----------|
| 9.347  |      |       |           |                                |           |
| 8.2    |      |       |           |                                |           |
| 8.03   |      |       |           |                                |           |
| 7      |      |       |           |                                |           |
| 7,8    |      |       |           |                                |           |
| 7.75   |      |       |           |                                |           |
| 6.4    |      |       |           |                                |           |
| 5.25   |      |       |           |                                |           |
| 4      |      |       |           |                                |           |
| 3.93   |      |       |           |                                |           |
| Jami   |      |       |           |                                |           |

**2. Olingan natijalarni tahlil qilish**

1. Tuzilgan bog'liqlikdan foydalanib  $\Phi_u = f(u)$ , shamol tezligining o'rtacha qiymatini berilgan hududdagi shamol tezligining eng ehtimoliy



qiymati bilan, shuningdek, shamol turbinalarini loyihalash uchun qabul qilingan hisoblangan tezlik bilan solishtirish kerak ( $u = 10 - 12$  m/s).

2. Tuzilgan bog'liqlikdan foydalanib,  $P\Phi_u = f(u)$ , shamol energiyasini taqsimlash funksiyasi maksimal bo'lgan tezlik qiymatini aniqlang va uni berilgan hududdagi shamol tezligining eng ehtimolli qiymati bilan taqqoslang.

3. Tuzilgan bog'liqlikdan foydalanib,  $P_u = f(\Phi_{u>u})$ , 0,5 quvvatga ega shamol oqimini kutish ehtimolini aniqlang ; 1 va 2 kVt.

4. Tahlil natijalari bo'yicha xulosalar chiqarish va bayonnoma tuzish.

### **Laboratoriya hisobotining mazmuni**

1. Sarlavha sahifasi.
2. Ishning maqsadi.
3. Hisob-kitoblar (agar mavjud bo'lsa).
4. Grafiklar.
5. Savollarga javoblar.
6. xulosalar

### **Nazorat savollari**

1. Shamolning energiya qiymati qanday parametrlar bilan tavsiflanadi?
2. Berilgan hududda shamolning o'rtacha tezligi qanday aniqlanadi?
3. Shamol oqimining energiyasi qanday aniqlanadi va u shamol tezligi bilan qanday bog'liq?
4. Ma'lum bir hududda ma'lum tezlikda shamol ehtimoli qanday aniqlanadi ?

5. Yagona uchastkaning shamol oqimining kuchi qanday aniqlanadi?

6. Shamol energiyasi kadastri nima va u nima uchun tuziladi?

## **№2 LABORATORIYA ISHI**

### **SHAMOL TURBINALARINI O'RGANISH**

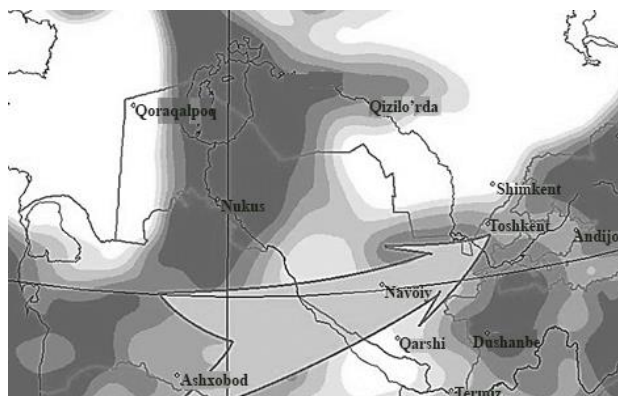
**Ishning maqsadi:** Talabalarga shamol energetikasi haqida nazariy tushinchalar berish. Shamoldan qanday elektr energiya olish tartibi va shamol energetik qurilmaning turlari haqida ma'lumotlar berish.

#### **Qisqa nazariy ma'lumot**

Shamol energiyasi - atmosferadagi havo massalarining kinetik energiyasini elektr, mexanik, issiqlik yoki iqtisodiyotda foydalanish uchun qulay bo'lgan boshqa turdagi energiyaga aylantirishga ixtisoslashgan energiya tarmog'i. Bunday transformatsiya shamol generatori (elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun), shamol tegirmoni (mexanik energiyaga aylantirish uchun), yelkan (transportda foydalanish uchun) va boshqalar kabi birliklar tomonidan amalga oshirilishi mumkin. Shamol energiyasi qayta tiklanadigan energiya deb tasniflanadi, chunki u Quyosh faoliyatining natijasidir. Belarus 1600 MVt va yiliga 2,4 milliard k·Vt soat elektr energiyasi ishlab chiqaradigan muhim shamol energiyasi manbalariga ega. Mamlakat hududida shamol elektr stansiyalari va vertolyotlarni joylashtirish uchun yaroqli 1840 ga yaqin obyektlar aniqlangan. Bu joylar asosan dengiz sathidan 250 m balandlikdagi tepaliklar qatori bo'lib, bu yerda shamolning o'rtacha tezligi 5 dan 8 m/s gacha o'zgarib turadi. Ularning

har biriga 3 tadan 20 tagacha shamol turbinalari sig'ishi mumkin. Bugungi kunga qadar Belarus Respublikasida umumiy quvvati 900 MVt dan ortiq bo'lgan 90 dan ortiq shamol elektr stansiyalari (SES) ishlamoqda. Shamol turbinalari Grodno, Minsk, Vitebsk, Mogilev viloyatlarida o'rnatilgan.

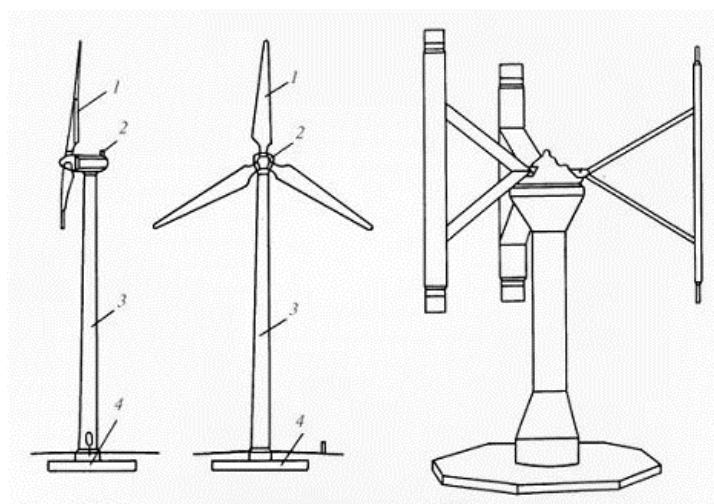
O'zbekiston Respublikasi mustaqilligining 26 yilligi umumxalq bayrami arafasida "O'zbekgidroenergo" AJ "Chirchiq GESlar kaskadi" DK tomonidan quvvati 750 kVt bo'lgan tajriba shamol elektr stansiyasi qurilishi yakunlandi. Toshkent viloyati, Bo'stonliq tumani, Yubileyniy qishlog'ida. Nima uchun bu saytlar tanlanganligini 2.1-rasmda ko'rish mumkin. Uch qanotli va gorizontal aylanish o'qi bo'lgan shamol turbinasi dizayni shamol tezligi yuqori bo'lgan hududlarda dunyoda eng keng tarqalgan bo'ldi. Shamol tezligi past bo'lgan hududlar uchun eng samarali dizayn vertikal aylanish o'qi bo'lgan shamol turbinalari deb ataladi. aylanuvchi yoki karusel turi. Endi tobora ko'proq ishlab chiqaruvchilar bunday qurilmalarni ishlab chiqarishga o'tmoqdalar, chunki barcha iste'molchilar qirg'oqlarda yashamaydilar va kontinental - shamollarning tezligi odatda 3 dan 12 m / s gacha. Ushbu video rejimida vertikal o'rnatishning samaradorligi ancha yuqori.



**2.1-rasm.** Yuz metr balandlikda o'rtacha yillik hisoblangan shamol tezligi (shamol monitoringi ma'lumotlarini hisobga olgan holda)

Shuni ta'kidlash kerakki, vertikal shamol turbinalari yana bir qancha muhim afzalliklarga ega: ular deyarli jim va 20 yildan ortiq xizmat muddati bilan mutlaqo texnik xizmat ko'rsatishni talab qilmaydi. Gorizontol, pervanel va vertikal o'qli qurilmalarning ideal shamol g'ildiragi uchun shamol energiyasidan foydalanish koeffitsienti 0,593 ekanligi nazariy jihatdan isbotlangan. Buning sababi shundaki, ikkala turdagi shamol turbinalarining rotorlari shamol oqimi profilli parrak atrofida oqganda paydo bo'ladigan ko'tarish kuchining bir xil ta'siridan foydalanadi. Bugungi kunga kelib, gorizontol pervanelli shamol turbinalarida erishilgan shamol energiyasidan foydalanish koeffitsienti 0,4 ni tashkil qiladi. Vertikal o'qli rus qurilmalarining eksperimental - tadqiqotlari shuni ko'rsatdiki, 0,4-0,45 qiymatiga erishish juda haqiqiy vazifadir. Shunday qilib, gorizontol o'qli pervanel va vertikal o'qli shamol turbinalarining shamol energiyasidan foydalanish koeffitsientlari yaqin ekanligini ta'kidlash mumkin.

Vertikal va gorizontol shamol turbinalari Vertikal va gorizontol shamol turbinalari



**2.2-rasm.** Vertikal va gorizontol shamol turbinalari

## **Shamol turbinalarining afzalliklari:**

1. To'liq qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalaniladi. Quyoshning ta'siri natijasida atmosferada havo oqimlari doimiy ravishda harakatlanadi, ularni yaratish uchun har qanday yoqilg'ini olish, tashish va yoqish kerak emas. Manba tubdan tuganmasdir. 1 MVt quvvatga ega shamol turbinasining 20 yil davomida ishlashi taxminan 29 ming tonna ko'mir yoki 92 ming barrel neftni tejash imkonini beradi.

2. Shamol elektr stantsiyasining ishlashi paytida zararli chiqindilar yo'q. Bu issiqxona gazlari yoki ishlab chiqarish chiqindilari yo'qligini anglatadi. Ya'ni, texnologiya ekologik toza.

3. Shamol stansiyasi o'z faoliyati uchun suvdan foydalanmaydi.

4. Shamol turbinasi va bunday generatorlarning asosiy ishchi qismlari erdan sezilarli balandlikda joylashgan. Shamol turbinasi o'rnatilgan ustun er yuzida kichik maydonni egallaydi, shuning uchun atrofdagi makon uy-ro'zg'or ehtiyojlari uchun muvaffaqiyatli ishlatilishi mumkin, u erda turli xil binolar va inshootlar, masalan, qishloq xo'jaligi uchun joylashtirilishi mumkin.

5. Shamol turbinalaridan foydalanish, ayniqsa, elektr energiyasini an'anaviy vositalar bilan etkazib bo'lmaydigan alohida hududlar uchun oqlanadi va bunday hududlarni avtonom ta'minlash, ehtimol, yagona chiqish yo'lidir.

6. Shamol elektr stansiyasi ishga tushirilgach, bu usulda ishlab chiqarilgan elektr energiyasining bir kilovatt-soat tannarxi sezilarli darajada kamayadi. Masalan, AQSHda yangi o'rnatilgan stansiyalarning ishlashi maxsus o'rganilib, bu tizimlar optimallashtirilib, shu orqali

iste'molchilar uchun elektr energiyasi narxini dastlabki qiymatidan 20 barobargacha arzonlashtirish mumkin.

7. Ishlash vaqtida texnik xizmat ko'rsatish minimal.

### **Kamchiliklari:**

1. Muayyan momentdagi tashqi sharoitga bog'liqlik. Shamol kuchli bo'lishi mumkin yoki umuman bo'lmasligi mumkin. Bunday uzluksiz sharoitlarda iste'molchini uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun muhim energiya saqlash tizimi kerak. Bundan tashqari, ushbu energiyani uzatish uchun infratuzilma kerak.

2. Shamol turbinasi qurilishi moddiy xarajatlarni talab qiladi. Ba'zi hollarda mintaqaviy investitsiyalar jalb qilinadi, bu har doim ham ta'minlanishi oson emas. Bu dastlabki bosqich, loyihaning o'zi qurilishi, bu juda qimmat ish . Yuqorida aytib o'tilgan infratuzilma loyihaning muhim qismi bo'lib, u ham pul talab qiladi. O'rtacha 1 kVt o'rnatilgan quvvatning narxi 1000 dollarni tashkil qiladi.

3. Ba'zi mutaxassislar shamol tegirmonlari tabiiy landshaftni buzadi, ularning tashqi ko'rinishi tabiiy estetikani buzadi, deb hisoblashadi. Shu sababli, yirik firmalar dizayn va landshaft arxitekturasi bo'yicha mutaxassislarning yordamiga murojaat qilishlari kerak.

4. Shamol turbinalari odamlarga noqulaylik tug'diradigan aerodinamik shovqinlarni ishlab chiqaradi. Shu sababli, ba'zi Evropa mamlakatlarida shamol tegirmonidan turar-joy binolarigacha bo'lgan masofa 300 metrdan kam bo'lmasligi, shovqin darajasi kunduzi 45 dB, kechasi esa 35 dB dan oshmasligi kerak bo'lgan qonun qabul qilindi. .

5. Qushning shamol turbinasi pichog'i bilan to'qnashuvi ehtimoli juda kichik, ammo u juda kichik, shuning uchun jiddiy e'tiborga muhtoj

emas. Ammo yarasalar ko'proq himoyasizdir, chunki ularning o'pkalarining tuzilishi, qushlarning o'pkasining tuzilishidan farqli o'laroq, sutemizuvchilar parrakning chetiga yaqin past bosim zonasiga kirganda halokatli barotravmaga yordam beradi.

### **Laboratoriya hisobotining mazmuni**

- 1.Sarlavha sahifasi.
- 2.Ishning maqsadi.
- 3.Savollarga javoblar.
4. Hulosalar

### **Nazorat savollari**

- 1) "Shamol energiyasi" tushunchasiga ta'rif bering.
- 2) Shamol energiyasining birliklarni sanab o'ting.
- 3) O'zbekiston hududida shamol tegirmonini o'rnatish uchun relefga qo'yiladigan talablar.
- 4) Toshkent viloyatida o'rnatilgan quvvati 0,75 MVt bo'lgan shamol elektr stansiyasining parametrlari.
- 5) aylanish o'qiga qarab shamol turbinalarining turlarini sanab o'ting, bu erda bunday aylanish o'qi bo'lgan shamol turbinalari ishlatiladi.
- 6) Haqiqiy va nazariy qurilmalar uchun shamol energiyasini konvertatsiya qilish koeffitsienti.
- 7) Shamol energiyasining afzalliklari.
- 8) Shamol energiyasining kamchiliklari.

## №3 LABORATORIYA ISHI

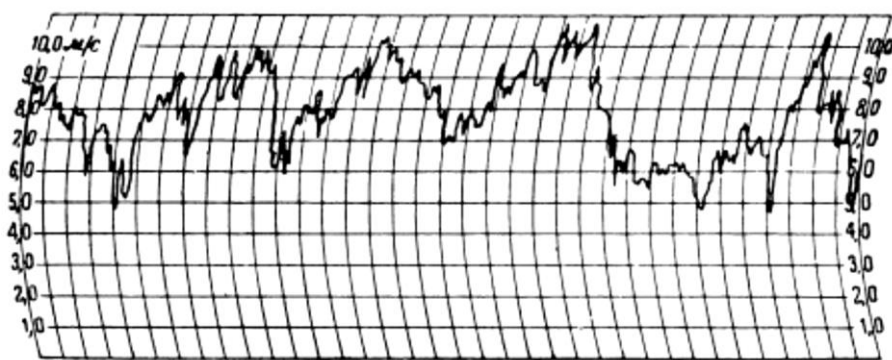
### HAVO OQIMMI O'ZGARISHIDA SHAMOL TEZLIGINI ANIQLASH

**Ishning maqsadi:** Shamol tezligi o'zgarishida havo oqim tezliklarini aniqlash usullari va aniqlash formulalarini o'rganish. Shamol tezliklarini aniqlash buyicha tushinchalar berish.

#### **Qisqa nazariy ma'lumot**

Havo shaffof va rangsiz, lekin biz uning harakatini his qilganimiz uchun uning mavjudligini hammamiz bilamiz. Havo doimo harakatda. Uning gorizontal yo'nalishdagi harakati shamol deb ataladi. Shamolning sababi atmosfera bosimining er yuzasi hududlaridagi farqidir. Har qanday hududdagi bosim oshishi yoki kamayishi bilan havo katta bosim joyidan kamroq tomonga oqib chiqadi. Atmosfera bosimi muvozanatining buzilishining turli sabablari bor. Asosiysi, yer yuzasining teng bo'lmagan isishi va turli hududlarda haroratning farqi. Shamol tezligi odatda soniyada metr (m/s) bilan o'lchanadi. Shamolning kuchini uning quruqlikdagi ob'ektlarga va dengizga ta'siri bo'yicha Bofort shkalasi nuqtalarida (0 dan 12 ballgacha) baholanishi mumkin. Shamol tezligi ham yo'nalish kabi, ham vaqt, ham fazoda doimo o'zgarib turadi. 3.1-rasmda shamol tezligining 6 daqiqa davomida o'zgarishini ko'rsatadigan egri chiziq ko'rsatilgan. Ushbu egri chiziqdan shamol pulsatsiyalanuvchi tezlik bilan harakat qiladi degan xulosaga kelish mumkin.





**3.1 -rasm.** Shamol tezligining xarakteristikasi

Bir necha soniyadan 5 daqiqagacha qisqa vaqt ichida kuzatilgan shamol tezligi oniy yoki haqiqiy deb ataladi . Bir lahzalik tezliklardan arifmetik o'rtachalar sifatida olingan shamol tezligi o'rtacha shamol tezligi deb ataladi. Shamol tezligini o'lchash anemometr yordamida amalga oshiriladi . Anemometrlarning uch turi mavjud: mexanik, termal, ultratovushli.

Mexanik anemometrlar ikki turga bo'linadi:

1) Kubok anemometrlari - aylanish o'qiga perpendikulyar faqat bitta tekislikda shamol tezligini o'lchashi mumkin. Havo oqimi stakanlarni aylantiradi va shamol tezligi ularning aylanish tezligidan hisoblanadi.

2) qanotli anemometrlar - qanotli anemometrning chashka anemometridan asosiy farqi shundaki, shamol tezligini ushlab turuvchi qism stakan shaklida emas, balki fanat shaklida tayyorlanadi. Fanga tushgan havo oqimi parraklarni aylantiradi va shamol tezligi ularning aylanish tezligi bilan o'lchanadi. Termal anemometrlar - deyarli foydalanilmaydi yoki laboratoriyada tor joylarda ishlatilmaydi. Misol uchun, mavjud anemometr, uning printsipi plastinka yoki nozik ochiq filamentning haroratini o'lchashga asoslangan. Ushbu plastinka yoki filamentda shamol esadi, uning tezligi o'lchanadi. Plastinka shamol

tomonidan urilganda, u soviydi. Shu bilan birga, havo oqimi qanchalik kuchli zarba bo'lsa, plastinka shunchalik sovutiladi. Bular. plastinka harorati shamol tezligini hisoblash uchun ishlatilishi mumkin. Ultrasonik anemometr aslida akustik asbobdir. Bunday anemometrning ishlash printsipti shundaki, tovush tezligi o'lchanadigan yo'nalishga qarab o'zgaradi, ya'ni. tovush tezligining shamol yo'nalishiga bog'liqlik xususiyatidan foydalaniladi. Ultrasonik anemometr, birinchi navbatda, tovush tezligini o'lchaydi va shundan keyingina elektron raqamli birlik transformatsiyalar yordamida shamol tezligini hisoblab chiqadi. Ushbu laboratoriyada Testo 512 differensial bosim anemometridan foydalaniladi ( 3.2 -rasm ). Qurilma havo oqimining tezligi, bosimi va haroratini o'lchash imkonini beradi. Testo 512 katta displeyda bir vaqtning o'zida bosim va oqimni ko'rsatadi. O'lchov ma'lumotlari, shuningdek, maksimal va minimal qiymatlar o'lchov joyida sana va vaqt bilan chop etiladi. Testo 512-dagi tezlik birliklari m/s va f/m oralig'ida almashtirilishi mumkin. Sakkizta bosim birliklari quyidagilardan tanlanishi mumkin: kPa, hPa, Pa. To'g'ri o'rtacha, o'rnatilgan zichlik kompensatsiyasi uchun to'lqinli tekislash sozlamalari. Joriy qiymat HOLD tugmasini bosish orqali displeyda o'rnatilishi mumkin. O'lchangan maksimal va minimal qiymatlar displeyda ko'rsatilishi va asbobda saqlanishi mumkin.

O'lchovni amalga oshirish uchun Pitto trubasining uchi chiqish tekisligiga qat'iy perpendikulyar bo'lishi kerak. O'lchovlar chiqish joyidan 5 ... 15 sm masofada amalga oshiriladi.

Testo'ning yuqori aniqlikdagi pitot trubkalariga ulanganda, diafanometr havo tezligini 5 dan 55 m/s gacha o'lchaydi. Pitot quvurlari bilan tezlikni o'lchash yuqori haroratli yoki yuqori chang miqdori

bo'lgan o'lchash muhitida samarali qo'llaniladi . Bunday sharoitda o'lchovlarni amalga oshirish uchun pervanel yoki qizdirilgan simli anemometrlardan foydalanish deyarli mumkin emas.

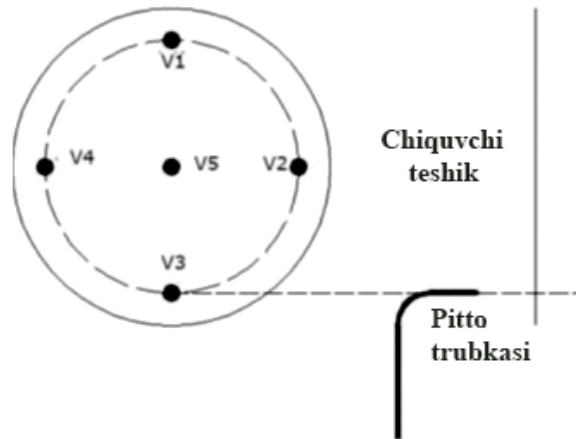


**3.2-rasm.** Differensial bosim anemometri

- 1 - Pitot trubkasi uchun chiqish; 2 - displey; 3 - yoqish / o'chirish tugmasi va orqa yorug'likni sozlash; 4 – HOLD tugmasi; 5 - chop etish tugmasi; 6 - yozilgan ma'lumotlarni qayta o'rnatish tugmasi.

### **Laboratoriya ishi**

1. O'rnatishni ishga tayyorlang.
2. Ventilyatorni yoqing.
3. Fan tezligini 10 Hz ga o'rning.
4. Anemometr yordamida havo oqimi tezligini markazda va chiqishning chetlari bo'ylab o'lchang (3.3-rasm). Tezlik qiymatlarini 3.1-jadvalga yozing.
5. 3.1-jadvaldagi  $f$  barcha chastotalar uchun 3, 4-bosqichlarni takrorlang.

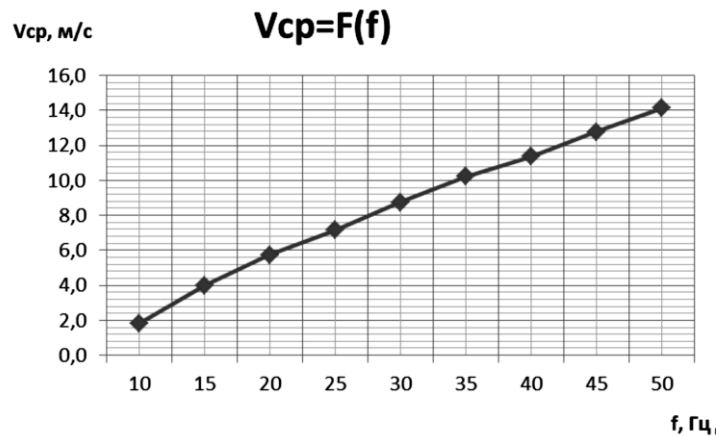


3.3-rasm. Tezlikni o'lchash nuqtalari

3.1-jadval

**Chiqishning kesimi bo'ylab shamol tezligining o'zgarishi**

| Chastotasi<br>f | Shamol<br>tezligi<br>V <sub>1</sub> | Shamol<br>tezligi<br>V <sub>2</sub> | Shamol<br>tezligi<br>V <sub>3</sub> | Shamol<br>tezligi<br>V <sub>4</sub> | Shamol<br>tezligi<br>V <sub>5</sub> | Shamol<br>tezligi<br>V <sub>o'r</sub> |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Hz              | m/s                                 | m/s                                 | m/s                                 | m/s                                 | m/s                                 | m/s                                   |
| 10              |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                       |
| 15              |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                       |
| 20              |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                       |
| 25              |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                       |
| 30              |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                       |
| 35              |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                       |
| 40              |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                       |
| 45              |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                       |
| 50              |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                       |



3.4-rasm. Shamol tezligi chastotaga nisbatan

6. Ventilyatorni o'chiring.

7. Stendning quvvatini o'chiring.

$a_v = f(f)$  bog'liqliklari quriladi. Ushbu bog'liqliklarning chiziqli ekanligiga ishonch hosil qiling (3.4-rasm).

9. Tuzilgan bog'liqlikka ko'ra, 3.4-rasmdagi kabi, 3.1 formula bo'yicha tenglik bajariladigan chiziqlilik koeffitsienti  $k$  ni aniqlang:

$$V = k \cdot f$$

$K$  koeffitsienti grafikdan geometrik konstruktsiyalar bilan topiladi : biz o'zboshimchalik bilan bizning egri chiziqqa tegishli bo'lgan ikkita nuqtani tanlaymiz; har bir nuqta orqali biz o'qiga perpendikulyar chiziq quramiz  $f$  va  $V_{o'r}$  mos ravishda; natijada to'g'ri burchakli uchburchak hosil bo'lishi kerak; bu uchburchakdan  $k=tga$  ni topamiz, bu erda  $tga$  qarama-qarshi oyoqning qo'shnisiga nisbati.

10.  $k$  koeffitsientini aniqlab, 3.1-jadvaldagi barcha  $f$  chastotalar uchun  $V$  tezlikni hisoblang.  $V$  tezligi  $V_{o'r}$  ga mos kelishini tekshiring .  $V$  va  $V_{o'r}$  o'rtasida kuchli tafovut mavjud bo'lsa  $o'r$  ,  $k$  qiymatini belgilang ( $k$  koeffitsienti 0,3 ... 0,4 (m /s) / Hz oralig'ida yotadi).

### **Laboratoriya hisobotining mazmuni**

1. Sarlavha sahifasi.
2. Ishning maqsadi.
3. Hisob-kitoblar (agar mavjud bo'lsa).
5. Savollarga javoblar.
6. Hulosalar

### **Nazorat savollari**

- 1) Shamol tushunchasiga ta'rif bering;
- 2) shamolning sababi;

- 3) Shamol tezligini o'lchaydigan qurilma;
- 4) Testo 512 o'lchash displeyida qanday qiymatlar ko'rsatilgan?
- 5) Anemometr va Pitto trubkasi bilan shamol tezligini qanday o'lchash mumkin.

## **№4 LABORATORIYA ISHI**

### **QANOTLI VA YELKANLI PARRAKLARNING EGILISH BURCHAGIGA QARAB SHAMOL QURILMASINING TEZLIKLARINI O'RGANISH**

**Ishning maqsadi:** Qanotli va yelkanli parraklarning egilish burchagiga qarab shamol qurilmasining tezliklarini o'rganish.

#### **Qisqa nazariy ma'lumot**

Shamol generatorining turiga qarab parraklar turlari, har bir holatda ishlatiladigan parraklar turi farq qilishi mumkin, ammo asosiy dizaynlar quyidagi turlarga mos keladi. Qanot turi - gorizontal va vertikal aylanish o'qi bilan o'rnatishda ishlatiladi va qattiq materiallardan tayyorlanishi mumkin.



**4.1-rasm.** Qanotli parraklar Yelkanli parraklar qanot shaklida va yumshoq materiallardan tayyorlanishi mumkin:



**4.2-rasm.** Yelkanli parraklar

Yassi - tegirmon parraklari shaklida, yuqoridagi ikkala turni birlashtiradi va engil va bardoshli materialdan (kontrplak, plastmassa va boshqalar) tayyorlanishi mumkin.



**4.3-rasm.** Tekis parraklar

Shamol generatorining parraklari qurilmaning murakkab va asosiy elementi bo'lib, uning texnik parametrlarini, u yoki bu joyga o'rnatish imkoniyatini, shuningdek, uning geometrik o'lchamlarini belgilaydi. Shamol turbinasi parraklarini joylashtirishda muhim parametr 4.1 formula bilan aniqlanadigan ularni o'rnatish burchagi ( $\beta$  burchagi):

$$\beta = \arctg \cdot \frac{2R}{3rZ} - \alpha, \quad (4.1)$$

bu erda  $R$  - aylanishning tashqi aylanasi radiusi;

$r$  - dumba va dumba maydonini hiobga olmagan holda aylanish radiusi;

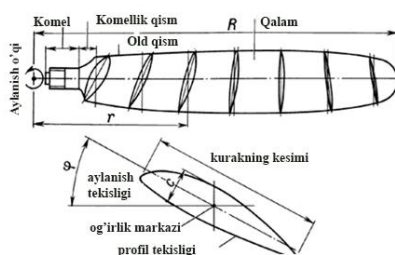
Z - qurilmaning ushbu elementi uchining tezligi;

a - hujum burchagi.

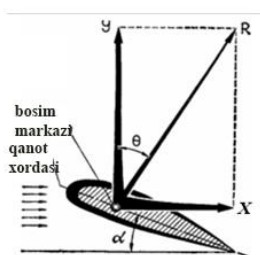
Parrakning kengligi (o'lchami " b ") ham tegishli hisoblashni talab qiladigan muhim parametrdir. Eng muhim qismi tashqi qism bo'lib, u shamol halqasi va qurilmaning ushbu qismi ishlaydigan qamrov maydoniga bog'liq. Hisoblash 4.2 formula bo'yicha amalga oshiriladi:

$$b = \frac{16\pi R \left(\frac{R}{r}\right)}{9Z^2 i}, \quad (4.2)$$

bu erda R - aylanishning tashqi radiusi; r - dumba va dumba maydonini hisobga olmagan holda, aylanishning ichki radiusi; Z - uchi tezligi; i - parraklar soni; Ushbu formuladan ko'rinib turibdiki: Kenglik - uning aylanishining ichki radiusiga teskari proporsionaldir, bu esa, o'z navbatida, eng maqbul shakl uchburchak shakli ekanligini ko'rsatadi; Kam sonli parrakli shamol generatori kengroq parraklarga ega bo'lishi kerak; Tezlikning oshishi ularning kengligini kamaytiradi. 4.5-rasmda parrakning geometrik o'lchamlarining belgilari ko'rsatilgan:



**4.4-rasm.** Hujum burchagi



**4.5 - rasm .** Parrakning geometrik o'lchamlari



R - qurilmaning tozalangan maydonini aniqlaydigan radius; b - kenglik, ma'lum bir modelning tezligini aniqlaydi; c - qalinligi, u tayyorlangan materialga va dizayn xususiyatlariga bog'liq;  $\phi$  - o'rnatish burchagi uning o'qiga nisbatan parrakning aylanish tekisligining joylashishini aniqlaydi; r - seksiya radiusi yoki aylanishning ichki radiusi

a ) deyiladi . Kesim yuzasi chizig'i parrakning uchidan tortib uning orqa tomonigacha bo'lgan qismini hisobga olgan holda eng uzun chiziqdir. Hujum burchagini (parrak shakli) bilish va maxsus grafikalar yordamida siz shamol turbinasi ishini aniqlaydigan ko'tarish va tortish koeffitsientini topishingiz mumkin.

### **Ish tartibi:**

1. O'rnatishni ishga tayyorlang.
2. Jeneratör miliga A tipidagi sozlanishi parraklar bilan pervanelni o'rnatish Parraklarning moyilligining birinchi bosqichini o'rnatish.
3. Ventilyatorni yoqing.
4. Generator pervanesi doimiy tezlikda aylana boshlaguncha (buzilish tezligi) fan tezligini sekin oshiring. 4.1-jadvalda fan quvvatining chastotasi f va pervanelning aylanish tezligi n bo'yicha ma'lumotlarni kiriting.
5. f chastotasini 1...2 Gts ga oshiring. 4.1-jadvalda fan quvvatining chastotasi f va pervanelning aylanish tezligi n bo'yicha ma'lumotlarni kiriting.
6. Pervanel kritik tezlikka yetguncha 5-bosqichni takrorlang. Kritik tezlikda pervanel parraklari egilib keta boshlaydi. Vibratsiyali va notekis aylanish paydo bo'lishi mumkin. Ushbu tezlikka erishilganda, tajribani

to'xtating va fan tezligini kamaytiring. Fan tezligi kritikdan 2 ... 5 Hz past bo'lganda tajriba to'xtatilishi kerak, bu oxirgi tezlik ( $V_{\max}$ ) maksimal (maksimal ish tezligi) deb hisoblanishi kerak.

7. Fan tezligini asta-sekin kamaytiring va pervanelning to'xtay boshlagan tezligini toping (tezlik n bir xil f bilan kamayadi). Shamol tezligi (chastota f) minimal ( $V_{\min}$ ) deb hisoblanadi .

8. Ventilyatorni o'chiring.

9. Pervanel parraklarining moyillik burchagining ikkinchi bosqichini o'rnating.

10. Stend quvvatini o'chiring.

11. (3.1) formuladan foydalanib, barcha holatlar uchun shamol tezligi V ni hisoblang Jadvallarni to'ldiring

12. 4.1-jadvalga asosan generator g'ildiragining aylanish tezligining shamol tezligi  $n=f(V)$ ga bog'liqliklarini tuzing.

4.1-jadval

A tipidagi pervanel bilan tajriba ma'lumotlari

| Havo bosimi<br>chastotasi f | Shamol tezligi V | Generator tezligi n | Eslatmalar |
|-----------------------------|------------------|---------------------|------------|
| Hz                          |                  | $\text{min}^{-1}$   |            |
|                             |                  |                     |            |
|                             |                  |                     |            |
|                             |                  |                     |            |
|                             |                  |                     |            |
|                             |                  |                     |            |
|                             |                  |                     |            |

### Laboratoriya hisobotining mazmuni

1. Ishning maqsadi.
2. Hisob-kitoblar (agar mavjud bo'lsa).

3. Grafiklar.
4. Savollarga javoblar.
5. Hulosalar

### **Nazorat savollari**

- 1) Shamol tushunchasiga ta'rif bering.
- 2) Laboratoriyada ishlatiladigan parrak turlarini sanab bering.
- 3) Parraklarning texnik parametrlarini aniqlash.
- 4) Barcha miqdorlarni belgilash bilan parrakni o'rnatish burchagini topish uchun tenglama.
- 5) Hujum burchagi tushunchasini aniqlang.
- 6) Ko'tarish va tortish koeffitsienti qanday topiladi.

## **№5 LABORATORIYA ISHI**

### **SHAMAL GENERATORI KUCHINING SHAMOL TEZLIGIGA BOG'LIQLIGI.**

**Ishning maqsadi:** Shamol generatori kuchining shamol tezligiga bog'liqligini amaniy va nazariy tahlil qilish. Kichik avtonom tizimlarda batareyalarning o'rni. Ulanish sxemalarning tahlilini olib borish.

#### **Qisqa nazariy ma'lumot**

Shamol generatorining ishlashi ma'lum darajada shamol tezligiga bog'liq. Biz bu qaramlikni ma'lum iboralardan olamiz. Harakatlanuvchi laminarning kinetik energiyasi (turbulentliksiz) 5.1 formula bilan aniqlanadi:

$$W = \frac{mV^2}{2}, J \quad (5.1)$$

bu erda  $m$  - havo massasi;  $V$  - havo tezligi.  $t$  vaqtida va  $S$  maydonda o'tadigan havo massasini 5.2 formula bilan ifodalash mumkin:

$$m = VtS\rho, \text{ kg}, \quad (5.2)$$

bu erda  $S$  - shamol generatori vintida tasvirlangan maydon;  $r$  - havo zichligi. Quvvatni ( $P$ ) aniqlash uchun energiyani vaqtga bo'ling, massa uchun ifodani almashtiring, biz olamiz:

$$P = \frac{V^3 S \rho}{2}, \text{ Vt}, \quad (5.3)$$

Agar biz ifodani shamol energiyasini aylantirish koeffitsientiga ( $Z$ ) ko'paytirsak, biz "shamol tegirmoni" ning haqiqiy kuchini olamiz:

$$P = \frac{V^3 S \rho}{2} \xi, \text{ Vt}, \quad (5.4)$$

Amalda  $z$  ning qiymati odatda  $0,4 \div 0,5$  oralig'ida yotadi. Hisoblashdan ko'rinib turibdiki, shamol generatorining kuchi shamol tezligining uchinchi kuchiga mutanosibdir, ya'ni tezlikni 2 barobar oshirish quvvatni 8 marta oshiradi! Yengil shamollarda shamol generatorining kuchi (aylansa ham) juda kichik. Ammo shamol kuchayishi bilan kuchning keskin o'sishi kuzatiladi. Shamol generatori tomonidan ishlab chiqarilgan quvvat vaqt o'tishi bilan doimo o'zgarib turadigan miqdordir. Shuning uchun shamol generatorini energiya manbai sifatida ishlatadigan har qanday energiya tizimi barqarorlashtiruvchi aloqaga ega bo'lishi kerak. Kichik avtonom tizimlarda batareya odatda bunday aloqa rolini o'ynaydi. Agar shamol generatorining kuchi yuk kuchidan katta bo'lsa, batareya zaryadlangan. Agar yuk kuchi kattaroq bo'lsa, batareya zaryadsizlanadi. Bu shamol turbinasining quvvat manbai sifatida quyidagi muhim xususiyatini nazarda tutadi: agar boshqa manbalarning ko'pchiligi eng yuqori yuk

kuchi bilan tanlangan bo'lsa, shamol turbinalari oyiga (yoki yiliga) elektr energiyasini iste'mol qilish miqdoriga qarab tanlanishi kerak. Shamol generatorining turiga qarab, har bir holatda ishlatiladigan parraklar turi farq qilishi mumkin, ammo asosiy dizaynlar quyidagi turlarga mos keladi. Qanot turi - gorizontal va vertikal aylanish o'qi bilan o'rnatishda ishlatiladi va qattiq materiallardan tayyorlanishi mumkin.



**5.1-rasm.** Qanot tipidagi parraklar

Yelkan turi, qanotli va yumshoq materiallardan tayyorlanishi mumkin:



**5.2-rasm.** Yelkanli parraklar

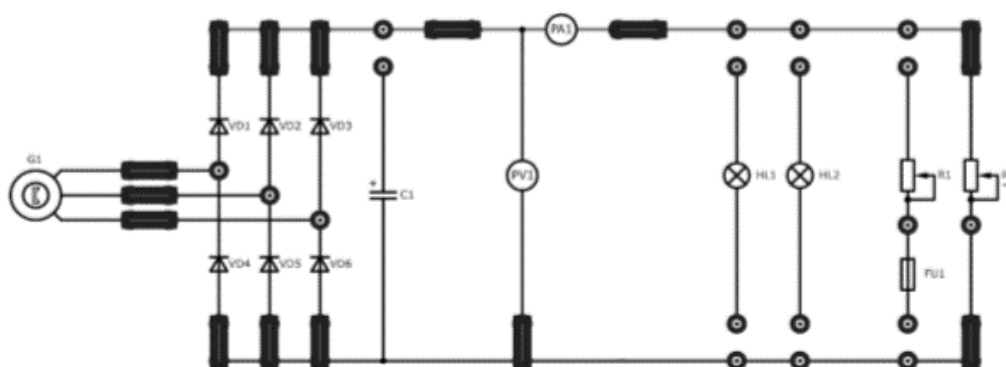
Yassi - tegirmon parraklari shaklida, yuqoridagi ikkala turni birlashtiradi va engil va bardoshli materialdan (kontrplak, plastmassa va boshqalar) tayyorlanishi mumkin.



5.3-rasm. Tekis parraklar

### Bajarish tartibi:

1. O'rnatishni ishga tayyorlang.
2. Jeneratör miliga sozlanmaydigan parraklar bilan pervanelni o'rnatang.
3. 5.4-rasmda ko'rsatilganidek, sxemani panelga yig'ing



5.4-rasm. Yig'ilgan sxema

4. Yuklash kaliti R2 yuk bosqichi raqamini o'rnatang
5. Ventilyatorni yoqing.

6. Asta-sekin fan tezligini 15 Gts ga oshiring. PW1, U1, I1 uchun o'lchangan quvvat qiymatini 5.1-jadvalga yozing.
7. 5.1-jadvaldagi  $f$  barcha chastotalar uchun 6-bosqichni takrorlang.
8. Ventilyatorni o'chiring.
9.  $R_2$  yuklash tugmachasini yuk bosqichi raqamiga o'rnating.
10. 6 ... 8-bosqichlarni takrorlang. 5.2-jadvalga ma'lumotlarni kiriting.
11.  $R_2$  yuklash tugmachasini yuk bosqichi raqamiga o'rnating.
12. 6 ... 8-bosqichlarni takrorlang. 5.3-jadvalga ma'lumotlarni kiriting.
13. Stend quvvatini o'chiring.
14. (3.1) formuladan foydalanib, barcha holatlar uchun shamol tezligi  $V$  ni hisoblang. 5.1, 5.2 va 5.3-jadvallarni to'ldiring.
15. 5.1, 5.2, 5.3-jadvallar ma'lumotlari asosida shamol turbinasi generatori quvvatining shamol tezligi  $n=f(V)$  ga bog'liqliklarini tuzing.

*5.1-jadval*

### **7-bosqich yuklash bosqichidagi eksperimental ma'lumotlar**

|                |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Chastotasi $f$ | Hz | 0 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| V tezligi      |    | 0 |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Quvvat $P$     |    | 0 |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Voltaj $U$     |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Hozirgi $I$    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |

## **Laboratoriya hisobotining mazmuni**

1. Ishning maqsadi.
3. Ishning borishi.
4. Hisob-kitoblar (agar mavjud bo'lsa).
5. Grafiklar.
6. Savollarga javoblar.
7. Hulosalar

## **Nazorat savollari**

1. Shamol generatori kuchining shamol tezligiga bog'liqligini aniqlaydigan formulani chiqarish.
2. Nima uchun 5.4-formulada shamol energiyasini konversiyalash koeffitsienti qo'llaniladi?
3. Shamol energiyasini konversiyalash koeffitsienti diapazoni qanday?
4. Tezlikni 2 marta oshirish quvvat qancha ortadi?
5. Nima uchun batareyalar elektr tizimlarida ishlatiladi shamol generatori?
6. Parraklarning asosiy turlari.

## **№6 LABORATORIYA ISHI**

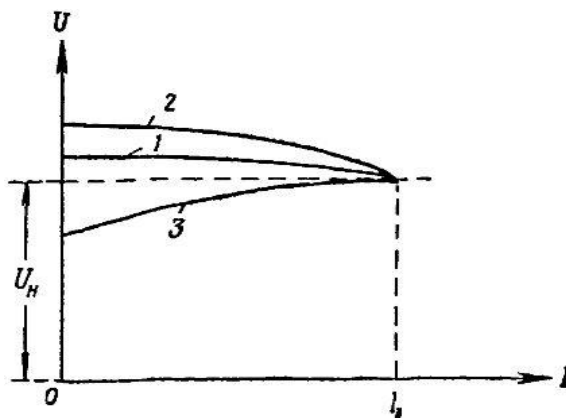
### **DOIMIY SHAMOL TEZLIGIDA SHAMOL GENERATORNING ISHLASHI**

**Ishning maqsadi:** Doimiy shamol tezligida shamol generatorining ishlashini tahlil qilish. Shamol tezligi va quvvatning aylanish chastotasiga bog'liqligini o'rganish.



## Qisqa nazariy ma'lumot

Shamol generatorining joriy kuchlanish xarakteristikasi, yuk turiga qarab, 6.1-rasmda ko'rsatilgan. Egri 1 qarshilik yukida tashqi xarakteristikani ifodalaydi ( $\cos\phi = 1.0$ ). Bunday holda, yuk generatorning ishlamay qolgandagi kuchlanishning 10-20% gacha bo'sh turgandan nominalga o'zgarganda, generator terminallaridagi kuchlanish pasayadi. Egri 2 tashqi xarakteristikani faol-induktiv yuk bilan ifodalaydi ( $\cos\phi = 0,8$ ). Bunday holda, generator terminallaridagi kuchlanish armatura reaksiyasining demagnetizatsiya harakati tufayli tezroq tushadi. Jeneratör yuki bo'sh turgandan nominalgacha o'zgarganda, kuchlanish bo'sh turganda kuchlanishning 20-30% gacha kamayadi. Egri 3 faol sig'imli yuk ( $\cos\phi = 0,8$ ) bilan sinxron generatorning tashqi xarakteristikasini ifodalaydi. Bunday holda, generator terminallaridagi kuchlanish armatura reaksiyasining magnetlanish ta'siri tufayli biroz ko'tariladi.

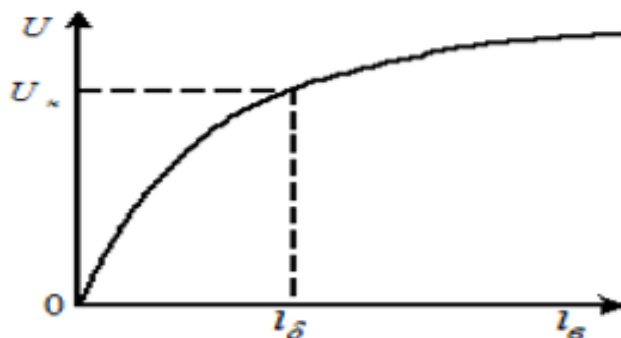


**6.1-rasm.** Turli yuklar uchun sinxron generatorning CVC 1 - faol; 2 - induktiv; 3 - sig'imli.

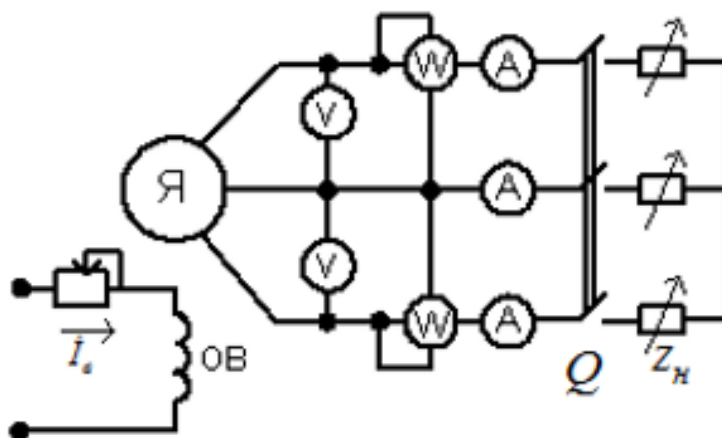
Bo'sh ishlash xarakteristikasi Bo'sh harakatlanish xarakteristikasi ( $\cos\phi = 1$ )  $U_H = 0$  va  $n = \text{const}$  da  $U = f(i_v)$  bog'liqligidir (6.2-rasm). Q

kaliti ochiq holda chiqariladi (6.3-rasm). Ko'pincha bu xususiyat nisbiy birliklarda qurilgan.

$$U = f(i_B), \text{ qayerda } U = \frac{U}{U_H}, i = \frac{i_B}{i_{B0}} = \frac{i_B}{i_\delta}$$



6.2-rasm. Bo'shash xususiyati



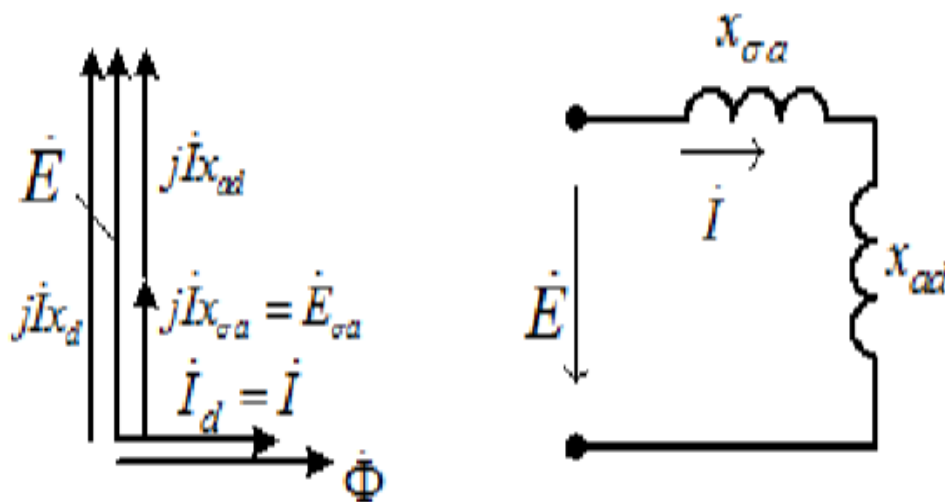
6.3-rasm. Sinxron generatorni tavsiflash sxemasiga misol

Bu erda  $i_b$  - asosiy oqim yoki bo'sh turgan qo'zg'alish oqimi. Energiya tizimlarida ko'p TG va GG parallel ishlaydi. Bu tizimlarning turli rejimlarini hisoblashda x.x.x. nisbiy birliklarda tuzilgan barcha SGlarning o'rtacha ma'lumotlarga mos keladigan bir xil bo'lishi qabul qilinadi. Vu h.h.h. \_ xarakteristikaning ko'tarilgan va tushuvchi shoxlari

olib tashlanadi . Hisoblangan xarakteristika sifatida o'rtacha egri chiziq olinadi.

#### Qisqa tutashuv xususiyati

Qisqa tutashuv xarakteristikasi ( h.s.c. )  $U = 0$  va  $n = \text{const}$  da  $I = f(i_{in})$  bog'liqligi . SG statorining o'rash qisqichlari qisqa tutashganda chiqariladi. Bunday rejim uch fazali barqaror holatdagi nosimmetrik qisqa tutashuv rejimidir. Agar biz stator o'rashining faol qarshiligini e'tiborsiz qoldiradigan bo'lsak ( $r_a = 0$ ), u holda biz stator pallasida yopiq holatda sof induktiv qarshilikka ega deb taxmin qilishimiz mumkin va shuning uchun ko'rib chiqilgan rejimda biz burchakni  $\psi = 90$  deb hisoblashimiz mumkin.  $^\circ$ . Bunday holda, armatura reaksiyasi to'liq bo'ylama magnitsizlanadi va  $I_d = I \sin \psi = I$ ,  $I_q = 0$ . Kuchlanish tenglamasini d shaklida yozish mumkin.  $E = jI_d x_d = jI x_{ad} + jI x_{\sigma a}$  Ushbu rejimdagi vektor diagrammasi shaklni oladi (6.4-rasm).

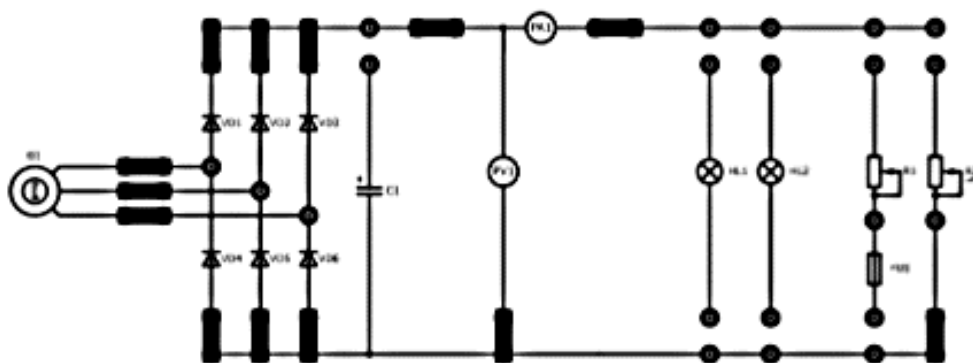


6.4-rasm. Qisqa tutashuv rejimi vektor diagrammasi

Olingan EMF juda kichik va tarqaladigan EMF  $E_d = E_{\sigma a}$  ga teng . Uni hosil qiluvchi oqim  $F_b$  kichik va shuning uchun mashinaning magnet davri to'yinmagan. Shuning uchun h.k.z. chiziqli xarakterga ega.



5 . Asta-sekin ventilyator tezligini 20 Gts ga oshiring. (3.1) shamol tezligi V bo'yicha hisoblang, 6.1-jadvalga yozing.



6.6-rasm Ulanish sxemasi

6.1-jadval

**Shamol tezligi va quvvatning aylanish chastotasiga bog'liqligi**

|              |    |    |        |    |    |
|--------------|----|----|--------|----|----|
| Chastotasi f | Hz | 20 | o'ttiz | 40 | 50 |
| V tezligi    |    |    |        |    |    |
| Power Pv _   |    |    |        |    |    |

6 . (6.1) ga binoan pervanega havo oqimi tomonidan hosil qilingan quvvatni aniqlang.

$$P_V = \frac{\rho \cdot S \cdot V^3}{2}, \tag{6.1}$$

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

bu erda  $\rho$  - havo zichligi,  $\text{kg} / \text{m}^3$  (jadvalga muvofiq qabul qilinadi);

S - pervanel tomonidan tasvirlangan doira maydoni,  $\text{m}^2$ ;

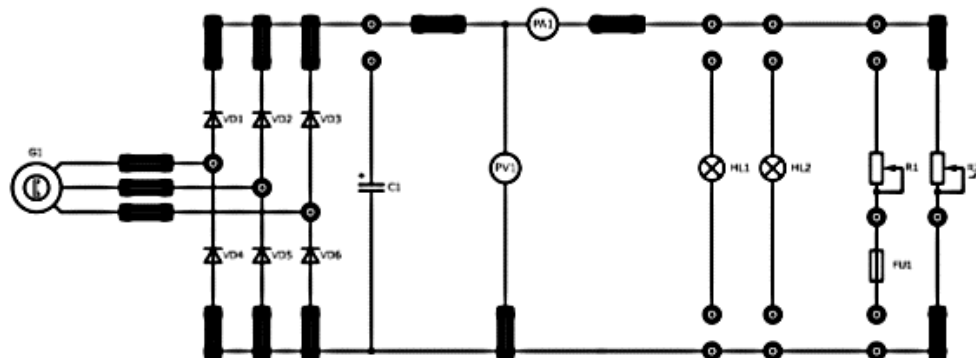
D – pervanel diametri, m (D=140 mm).

7. Pervanelning aylanish tezligi  $n$  va generatorning yuksiz kuchlanishining o'lchangan qiymatlarini PV1 qurilmasiga muvofiq 6-jadvalga kiriting. 1 .

8. 6.8-rasmda ko'rsatilganidek, paneldagi sxemani o'zgartiring.

9 . R2 yuklash tugmachasini yuklash bosqichi raqami 1 ga o'rning. Pervanelning aylanish tezligi  $n$ , kuchlanish  $U$ , oqim  $I$  va generatorning  $P$  quvvatining o'lchangan qiymatlarini 6.2-jadvalga kiriting .

10. R2 yuklash tugmachasini yuklash bosqichi raqami 1 ga o'rning. Pervanelning aylanish tezligi  $n$ , kuchlanish  $U$ , oqim  $I$  va generatorning  $P$  quvvatining o'lchangan qiymatlarini 6.2-jadvalga kiriting.



**6.7-rasm.** Faol yukda generatorning ishlashi

11. Barcha yuk darajalari uchun 10-bandni takrorlang.

12. 6.9-rasmda ko'rsatilganidek, paneldagi sxemani o'zgartiring.

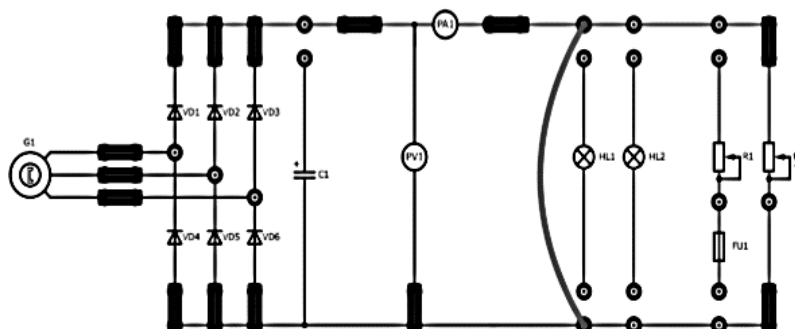
13. Pervanelning aylanish tezligi  $n$  va qisqa tutashuv oqimining o'lchangan qiymatlarini PA1 qurilmasiga muvofiq 6.2-jadvalga kiriting .

14. Ventilyator tezligini 30 Gts ga o'rning.

15. 8 ... 13-bosqichlarni takrorlang. 6.3-jadvalga ma'lumotlarni kiriting. 3.

### 20 Hz fan tezligida o'lchov va hisob-kitoblarning natijalari

| N  | n   | U  | I | P        | $\eta$ |
|----|-----|----|---|----------|--------|
|    | min | IN | A | Seshanba |        |
| XX |     |    | 0 | 0        |        |
| 1  |     |    |   |          |        |
| 2  |     |    |   |          |        |
| 3  |     |    |   |          |        |
| 4  |     |    |   |          |        |
| 5  |     |    |   |          |        |
| 6  |     |    |   |          |        |
| 7  |     |    |   |          |        |
| 8  |     |    |   |          |        |
| 9  |     |    |   |          |        |
| KZ |     | 0  |   | 0        |        |



6.8-rasm. Pervanelning aylanishi

16. 40, 50 Gts chastotali ventilyator tezligi uchun 15-bosqichlarni takrorlang. 6.2 va 6.3-jadvalga mos ravishda ma'lumotlarni kiriting.

17. Ventilyatorni o'chiring.

18. Stend quvvatini o'chiring.

19. (6.2) ga binoan shamol generatorining samaradorligini aniqlang .  
6.2.... 6.3 -jadvallarni to'ldiring. Shamol turbinasi samaradorligini hisoblash 6.2 formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\eta = \frac{P}{PV}, \quad (6.2).$$

Shamol generatorining samaradorligini hisoblash 6.2 formula bilan aniqlanadi: bu erda P - shamol generatorining doimiy shamol tezligida quvvati.

6.2.... 6.3- jadvallarga muvofiq generator quvvati va kuchlanishining yuk oqimiga  $P=f(I)$  va  $U=f(I)$  bog'liqligini quradi .

21. Har bir jadval uchun ( 6.2.... 6. 3 ) generator tomonidan ishlab chiqilgan maksimal quvvatni (  $P_{max}$  ) va bu quvvatdagi samaradorlikni toping. 6.3-jadvalga ma'lumotlarni kiriting.

22. 6.3-jadvaldagi ma'lumotlarga asoslanib, generatorning quvvati va samaradorligining shamol tezligi  $P_{max}=f(V)$  и  $\eta_{max}=f(V)$ ga bog'liqligini tuzing.

*6.3-jadval*

### **Maksimal quvvat va samaradorlikning shamol tezligiga bog'liqligi f**

| f  | V | Pmax _ | $\eta$ |
|----|---|--------|--------|
| Hz |   |        | -      |
|    |   |        |        |
|    |   |        |        |
|    |   |        |        |
|    |   |        |        |

### **Laboratoriya hisobotining mazmuni**

1. Ishning maqsadi.
3. Ishning borishi.
4. Hisob-kitoblar (agar mavjud bo'lsa).
5. Savollarga javoblar.
6. Hulosalar



## **Nazorat savollari**

1. Yuklanish uchun sinxron generatorning CVC ni chizing: faol; induktiv va sig'imli, belgilashni bering.

2. Bo'sh turganda tok, kuchlanish va chastota qanday?

3. Bo'sh rejimda sxema yig'ilishining xususiyatlari.

4. Qisqa tutashuv rejimida oqim, kuchlanish va chastota nima?

5. Qisqa tutashuv rejimida elektron yig'ilishning xususiyatlari;

Shamol generatorining CVC doimiy shamol tezligida qanday ko'rinadi.

## **№7 LABORATORIYA ISHI**

### **SHAMOL ENERGIYASINI ELEKTR ENERGIYAGA**

#### **AYLANTIRISH JARAYONINI O'RGANISH**

**Ishning maqsadi:** Shamol energiyasini elektr energiyasiga aylantirish tamoyilini o'rganish , shamol g'ildiragi qurilmasi va shamol elektr stantsiyasining quvvat koeffitsientini aniqlash.

#### **Qisqa nazariy ma'lumot:**

Shamol - bu Yer atmosferasidagi havo massalarining harakati bo'lib, uning Quyosh tomonidan notekis isishi tufayli atmosferada haroratning pasayishi natijasida yuzaga keladi. Shunday qilib, ishlatiladigan shamol energiyasi Quyoshning mexanik energiyasiga aylanadi. Shamol energiyasini foydali mexanik, elektr yoki issiqlik energiyasiga aylantiradigan qurilmalar shamol elektr stantsiyalari (shamol turbinalari) yoki shamol turbinalari deb ataladi .

Shamol energiyasi asrlar davomida tegirmonlar va suv nasoslari kabi mexanik dasturlarda ishlatilgan. 1973 yilda neft narxining keskin

o'sishidan so'ng, bunday qurilmalarga qiziqish keskin oshdi. Mavjud shamol turbinalarining aksariyati 70-yillarning oxiri va 80-yillarning boshlarida ularni boshqarish va boshqarish uchun aerodinamika, mexanika, mikroelektronikaning so'nggi yutuqlaridan keng foydalangan holda zamonaviy texnik darajada qurilgan .

q ni to'g'ri tashkil etish va shamol energiyasidan foydalanish bilan - shamol kabi arzon va bitmas-tuganmas energiya manbai xalq xo'jaligining istalgan tarmog'idagi ehtiyojlarning katta qismini qondirishi mumkin. Shamol energiyasini elektr , issiqlik va mexanik energiyaga aylantiradigan qurilmalar quyidagilarni ta'minlashi mumkin:

- turli mahalliy ob'ektlarni (sug'orish tizimlari, chorvachilik fermalarining mexanizmlari, ventilyatsiya, mikroiklim qurilmalari va boshqalar) avtonom elektr ta'minoti;

- sovutish moslamalarini issiq suv bilan ta'minlash, isitish, elektr ta'minoti;

- bog 'uchastkalari, yaylovlar va boshqalar uchun suvni ko'tarish;

- vertikal va gorizontal drenaj tizimlari va boshqa tizimlardan suv chiqarish.

Boshqa turdagi energiya manbalari bilan taqqoslaganda, shamol elektr - stantsiyalari quyidagi afzalliklarga ega:

- yoqilg'ini qazib olish va tashish uchun xarajatlarning yo'qligi;

issiqlik yoki atom elektr stantsiyalari qurilishiga nisbatan shamol elektr stansiyasini qurish uchun mehnat sarfini 10 barobardan ortiq qisqartirish;

shamol turbinasi energiyasidan bevosita foydalanishning keng texnologik diapazoni (avtonomiya yoki markazlashtirilgan tarmoqlar

bilan birgalikda ishlash, qayta tiklanadigan energiyaning boshqa manbalari bilan moslik va boshqalar);

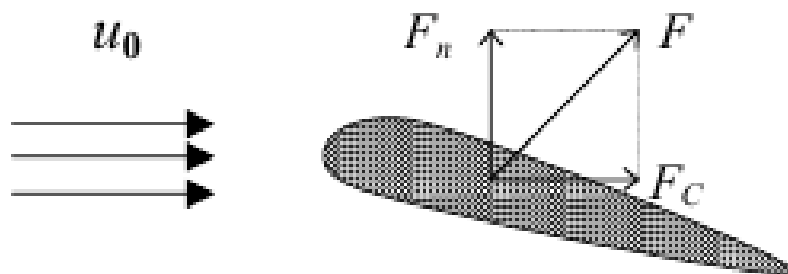
- ekspluatatsiya qilinadigan quvvatlarni kiritishning minimal muddatlari;

- atrof-muhitning ifloslanish darajasini pasaytirish orqali ekologik vaziyatni yaxshilash [6].

### **Shamol turbinalarining ishlash printsipti va tasnifi**

Shamol elektr stansiyalarida shamol energiyasi ularning ishchi organlarining mexanik energiyasiga aylanadi . Shamol energiyasini to'g'ridan-to'g'ri qabul qiladigan va qoida tariqasida uni aylanishning kinetik energiyasiga aylantiradigan shamol turbinasining asosiy va asosiy ishchi organi shamol g'ildiragidir.

shamol ta'sirida aylanishi, printsiptial jihatdan u 0 tezlikda gaz oqimi bilan uchadigan har qanday jismga  $F_{\text{kuchi}}$  ta'sir qilishi bilan bog'liq bo'lib, u ikki komponentga ajralishi mumkin: 1. - erkin oqim tezligi bo'ylab, tortish kuchi deb ataladi  $F_C$  , va 2 - kelayotgan oqim tezligiga perpendikulyar yo'nalishda,  $F_P$  ko'taruvchi kuch deb ataladi (7.1-rasm) [7].



**7.1-rasm.** Gaz oqimi bilan tartibga solingan jismga ta'sir qiluvchi kuchlar .

Bu kuchlarning kattaligi tananing shakliga, uning gaz oqimidagi yo'nalishiga va gaz tezligiga bog'liq. Ushbu kuchlarning ta'sirida shamol

turbinasining ishchi tanasi (shamol g'ildiragi) aylanish holatiga o'rnatiladi.

Shamol turbinalari shamol g'ildiragining geometriyasining ikkita asosiy xususiyatiga va uning shamol yo'nalishiga nisbatan pozitsiyasiga ko'ra tasniflanadi .

Agar shamol g'ildiragining aylanish o'qi havo oqimiga parallel bo'lsa, u holda o'rnatish gorizontel aksenel deb ataladi, agar perpen vertikal aksenel bo'lsa.

Ko'tarishni ishlatadigan gorizontel o'qli shamol g'ildiragi (ikki yoki uch parrakli shamol g'ildiragi) 7.2 - rasmda ko'rsatilgan (a, b, C, d).

Qarshilik kuchidan foydalanadigan shamol qurilmalari vertikal ravishda mustahkamlangan turli konfit-guratsiya parraklarining o'qlaridan iborat

7.2d-rasmda Mongus effektidan foydalangan holda shamol g'ildiragi ko'rsatilgan (ko'tarish kuchi, perpen-dikulyar shamol yo'nalishi, silindr yoki konusning aylanishi paytida).

Qarshilik kuchidan foydalanadigan qurilmalar shamol tezligidan past bo'lgan chiziqli tezlikda aylanishga moyil bo'lib, ko'tarish kuchidan foydalanadigan qurilmalar parrak uchlarining chiziqli tezligiga ega, shamol tezligidan ancha yuqori.

Har bir shamol turbinalari quyidagi xususiyatlar bilan ajralib turadi:

1) supurilgan maydon  $S$  (gorizontel aksenel shamol g'ildiraklari uchun), ya'ni aylanish paytida uning parraklari bilan qoplangan maydon va  $S = \pi D^2/4$ ga teng, bu erda  $D$  - shamol g'ildiragining diametri yoki tortishish kuchi maydon (vertikal aksenel shamol g'ildiraklari uchun)  $S =$

hb, bu erda h va b mos ravishda rotorning balandligi va uning o'rtacha diametri;

2) oqimga perpendikulyar bo'lgan tekislikdagi parraklar proyeksiyasi maydonining supurilgan maydonga nisbatiga teng bo'lgan geometrik plomba (masalan, bir xil parraklar bilan, to'rt qanotli g'ildirak ikki baravar geometrik plombaga ega. ikki parrakli);

3) shamol g'ildiragi tomonidan shamol oqimi energiyasidan foydalanish samaradorligini tavsiflovchi va shamol g'ildiragining dizayniga bog'liq bo'lgan quvvat omili p;

parrak uchi tezligining shamol tezligiga nisbati . Shamol tezligi  $v_0$  va havo zichligi  $r$  da, supurilgan maydon  $S$  bo'lgan shamol g'ildiragi  $P = \xi S \rho v_0^3 / 2$  quvvatni rivojlantiradi.

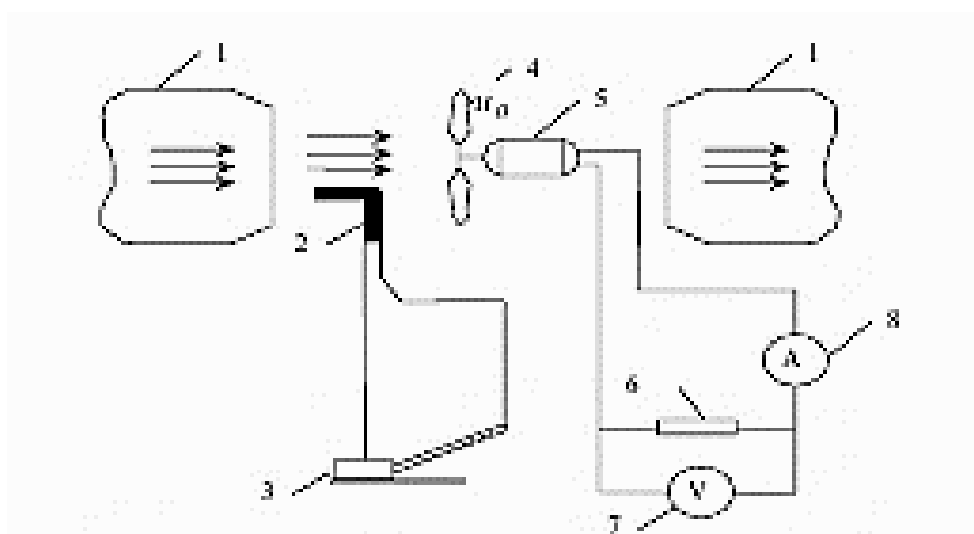
Ushbu formula shuni ko'rsatadiki, bu quvvat shamol tezligi kubiga proporsionaldir.

N.Jukovskiyning nazariyasiga ko'ra, quvvat omilining maksimal qiymati 0,6-0,69 ni tashkil qiladi. Amalda, eng yaxshi yuqori tezlikli g'ildiraklar  $p \sim 0,45-0,48$ ; past tezlikli g'ildiraklar uchun  $p \sim 0,35-0,38$ .

Shamol g'ildiragining katta geometrik plombali shamol turbinalari nisbatan past shamollarda sezilarli quvvatni rivojlantiradi va maksimal quvvatga past g'ildirak tezligida erishiladi.

Past to'ldirishga ega shamol turbinalari yuqori tezlikda maksimal quvvatga erishadi va bu rejimga erishish uchun ko'proq vaqt ketadi. Shuning uchun birinchisi, masalan, suv nasoslarida qo'llaniladi va engil shamollarda ham ishlaydi, ikkinchisi esa yuqori aylanish tezligi talab qilinadigan elektr generatorlari sifatida ishlatiladi [1].

## Eksperimental sozlash



**7.2-rasm.** Eksperimental o'rnatish sxemasi

Ish 1- shamol tunnelida amalga oshiriladi ( 7.3 -rasm ). Quvurda havo oqimi aksenel fan tomonidan yaratiladi (rasmda ko'rsatilmagan). Quvurdagi oqim tezligi fanning besleme oqimini o'zgartirish orqali nazorat qilinadi. Quvurning ish joyidagi havo oqimi tezligi Pitot-Prandtl trubkasi 2 va mikromanometr 3 yordamida aniqlanadi. Quvurning 1 ish joyiga elektr generatori 5 bo'lgan shamol g'ildiragi 4 o'rnatilgan. A. generatorga yuk 6 ulangan. Yuklash zanjiriga voltmetr 7 va ampermetr 8 ham ulangan.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Repellerlik</b></p> <p>0,35      0,40</p>                     | <p><b>Ortoganallik</b></p> <p>0,30</p> |
| <p><b>Repellerlik oqim paydo qiluvchi</b></p> <p>0,45      0,50</p> | <p><b>Savoinus</b></p> <p>0,25</p>     |
| <p><b>ko'p kuraklik</b></p> <p>0,25</p>                             | <p><b>Dar'e</b></p> <p>0,35</p>        |
| <p><b>Yelkanlik</b></p> <p>0,30</p>                                 | <p><b>Mak-Grouv</b></p> <p>0,35</p>    |
| <p><b>Fletnerning rotorligi</b></p> <p>0,20</p>                     | <p><b>Geliokoidlik</b></p> <p>0,40</p> |

**7.3-rasm.** Shamol g'ildiraklarining turlari.

### Ish tartibi

1. Shamol g'ildiraklarining har xil turlari bilan tanishing. O'qituvchining ko'rsatmasi bilan shamol tunnelining ish joyiga kerakli turdagi shamol g'ildiragini o'rning.
2. Quvurda havo oqimi bo'lmasa, mikromanometrning dastlabki ko'rsatkichiga e'tibor bering  $l_0$ .
3. Shamol tunnelining elektr ta'minotini yoqing. Shamol tunnelining fanining quvvat manbai oqimini o'zgartirib, ish joyidagi havo oqimi tezligining kerakli qiymatini o'rning.

Pitot-Prandtl trubkasi yordamida oqimning  $v_0$  tezligining qiymatini o'lchang . Buning uchun mikromanometrning ko'rsatkichlarini olish kerak  $l$  .

7.1- jadvaldagi ma'lumotlarni yozib oling .

tomonidan yaratilgan kuchlanish  $U$  ni va yuk 6 da tok  $I$  ni o'lchang.

6. Shamol tunnelidagi havo oqimi tezligining qiymatini o'zgartiring . Yuqoridagi barcha o'lchovlarni bajaring.

7. Shamol g'ildiragini almashtiring.

Paragraflarda tasvirlangan o'lchovlarni bajaring . 3-6.

7.1- jadval \_

### O'lchov natijalari

| Shamol turbinasi turi | tajriba | Mikromanometrni o'qish |         | $v_0, m/c$ | Shamol turbinasi generatorlari parametrlari |          |         |
|-----------------------|---------|------------------------|---------|------------|---|----------|---------|
|                       |         | $l_0, mm$              | $l, mm$ |            | $U, V$                                      | $Men, A$ | $P, Vt$ |
|                       |         |                        |         |            |   |          |         |
|                       |         |                        |         |            |   |          |         |

### Eksperimental ma'lumotlarni qayta ishlash

1. Havo oqimining tezligi  $v_0$  ni formuladan foydalanib hisoblang:

$$v_0 = \sqrt{2g \frac{\rho_c}{\rho_{\text{ж}}} \mathcal{K}(l - l_0)} \quad (7.1)$$

bu yerda  $r_f$  - mikromanometrdagi spirtning zichligi (  $r_f = 809,5 \text{ kg/m}^3$  );

$r$  havodagi zichlik (  $r_{in} \approx 1,2 \text{ kg / m}^3$  );



$l - l_0$  - mikromanometr ko'rsatkichlaridagi farq, m;  $K$  - mikromanometr trubasining qiyalik burchagi sinusi (mikromanometrda ko'rsatilgan).

$P = UI$  generatorining elektr quvvatini hisoblang .

3. Shamol turbinasining quvvat koeffitsientini aniqlang.  $\eta = 2P / (\rho S v_0^3)$ ).

4. Har xil turdagi shamol turbinalarining turli havo oqimi tezligidagi quvvat omillarini solishtiring. Natijalarni tahlil qilish .

### **Laboratoriya hisobotining mazmuni**

1. Ishning maqsadi.
3. Ishning borishi.
4. Hisob-kitoblar (agar mavjud bo'lsa).
5. Savollarga javoblar.
7. Hulosalar

### **Nazorat savollari**

1. Shamol turbinalarining afzalliklarini sanab o'ting.
2. Shamol turbinalarining qanday turlari mavjud?  
Shamol turbinalari qanday tasniflanadi ?
4. Shamol turbinasining asosiy parametrlarini sanab o'ting.
5. Shamol g'ildiragining quvvat koeffitsienti qanday ifoda bilan aniqlanadi?
6. Shamol turbinalarining kuchi qanday parametrlarga bog'liq?
7. Shamol g'ildiragining parametrlari qanday?

## **№8 LABORATORIYA**

### **AVEU6-4M SHAMOL ELEKTR AGREGATI TUZILISHI VA ISH JARAYONINI O'RGANISH**

**Ishning maqsadi:** AVEU6-4M shamol turbinasi dizayni bilan tanishish. U AVEU6-4M shamol turbinasi tarkibini, uning tarkibiy qismlarining dizayni va ishlashini o'rganadi. Uni yig'ish va o'rnatish texnologiyasini o'zlashtirish.

#### **Qisqa nazariy ma'lumot**

shamol turbinasi konvertatsiya qilish uchun mo'ljallangan shamol energiyasini elektr energiyasiga aylantiradi va sifatida foydalanish mumkin turli maqsadlar uchun shamol elektr inshootlarining bir qismi sifatida kafolatlanmagan elektr ta'minoti manbai - suvni ko'tarish, zaryadlash, isitish, issiq suv ta'minoti va boshqalar [1, 2, 3].

Shamol turbinasining ramziy belgisi harfli ifodani o'z ichiga oladi - "AVEU" va "M" - yagona modernizatsiyalangan shamol elektr bloki - va raqamlar, ularning birinchisi "6" shamol g'ildiragining metrdagi diametrini anglatadi, ikkinchisi - "4" - o'rnatilgan generatorning quvvati (kVt).AVEVU6-4M shamol turbinasining asosiy texnik ma'lumotlari 8.1-jadvalda keltirilgan [1, 2, 3].

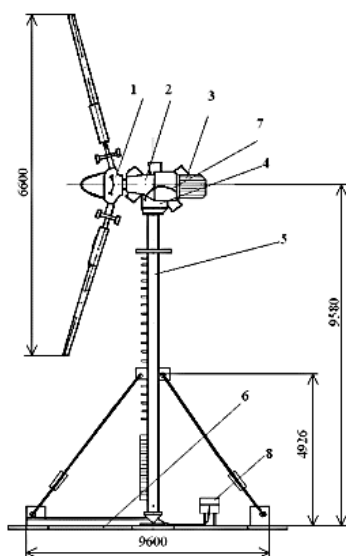
AVEU6-4M shamol energetika blokining umumiy ko'rinishi 8.1-rasmda ko'rsatilgan.

**AVEU6-4M shamol turbinasining asosiy texnik ma'lumotlari**

| <b>Yo'q.</b> | <b>Parametr nomi</b>  | <b>Qiymat</b>                                 |
|--------------|---|---|
| 1            | Shamol g'ildiragining diametri, m   | 6,6 0,02                                      |
| 2            | Nominal yuk va dizayn shamol tezligida shamol g'ildiragining aylanish chastotasi , rpm                    | 230   |
| 3            | Tezlikning nominaldan og'ishi qiymatlar, %  | ±10   |
| 4            | Ishlaydigan shamol tezligi diapazoni, m/s   | 4,5-40  |
| 5            | Jeneratorning nominal quvvatining chiqishi ta'minlangan shamolning taxminiy tezligi , m/s, dan ortiq emas | 9   |
| 6            | O'rnatilgan generator turi  | SGVM-4  |
| 7            | Nominal generator quvvati, kVt  | 4   |
| 8            | Nominal kuchlanish, V   | 400/230                                       |
|              | Nominal qiymatdan chetlanishlar, %  | ±10   |
| 9            | Fazalar soni  | 3   |
| 10           | Nominal oqim chastotasi, Hz   | 50  |
| 11           | Shamol turbinalarini shamolga o'rnatish   | Vintni kesish mexanizmi bilan o'rnatish       |
| 12           | g'ildiragi tezligini nazorat qilish usuli   | Santrifuj parraklarning aerodinamik aylanishi |
| 13           | Ipoteka to'plamisiz shamol turbinasining massasi poydevor uchun qismlar , kg, ortiq emas                  | 12/10   |

Shamol g'ildiragi, generatorli silindrsimon vites qutisi, boshqaruv bloki, qurtlarni uzatish qutisi, o'rnatilgan poydevorlar to'plamiga ega minora va generatorni avtomatlashtirish blokidan iborat .

Shamol turbinasining ishlash printsipi . Yaqinlashib kelayotgan shamol oqimi shamol g'ildiragining 1 parraklariga ta'sir qiladi (8.1-rasmga qarang), moment hosil qiladi .



**8.1-rasm.** Shamol turbinasining umumiy va o'rnatish o'lchamlari

AVEU6-4M: 1 - shamol g'ildiragi; 2 - silindrsimon reduktor;

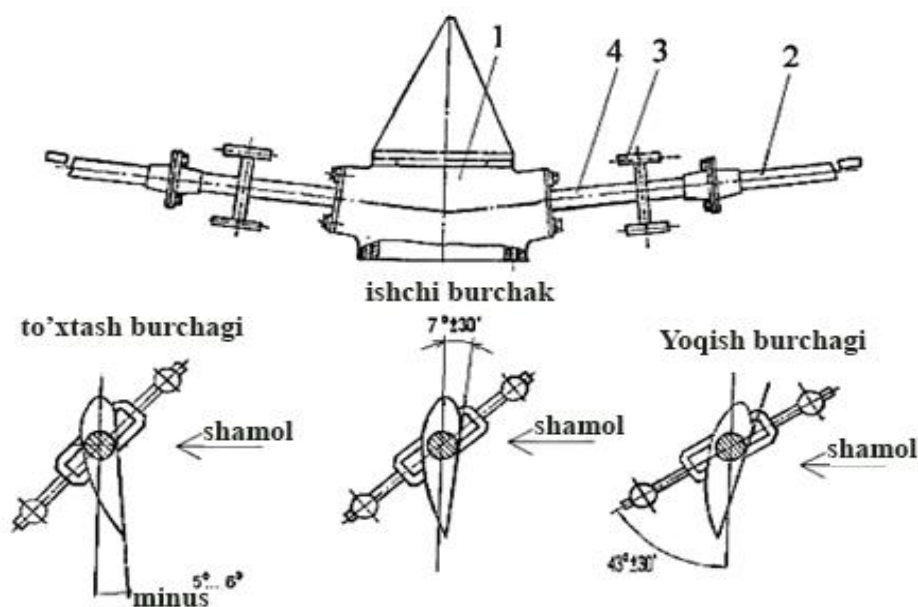
3 - generator; 4 - qurt tishli; 5 - minora; 6 - poydevor;

7 - kabel; 8- avtomatlashtirish bloki

Ushbu moment ta'sirida silindrsimon Vites qutisi 2 milining gardishiga ulangan shamol g'ildiragi aylana boshlaydi. Shamol g'ildiragining aylanishi 2-Vites qutisiga, so'ngra 3-elektr generatoriga uzatiladi. Shamol g'ildiragining aylanish yo'nalishi generator tomonidan ko'rib chiqilganda soat yo'nalishi bo'yicha bo'ladi.

Silindrsimon redüktör , shamol g'ildiragi va qurt redüktörü shamol türbininin boshini tashkil qiladi . Chuvalchangli vites qutisi shamol yo'nalishi o'zgarganda boshni aylantirish uchun ishlatiladi, shunda shamol g'ildiragining aylanish tekisligi shamol yo'nalishiga perpendikulyar yo'naltiriladi . 5-minora 6-poydevorga o'rnatiladi va qavslar bilan ushlab turiladi. Majburiy to'xtatish uchun shamol turbinasi , uning dizayni to'xtatish mexanizmini ta'minlaydi , uning ijro etuvchi qismi silindrsimon shaklda joylashgan. vites qutisi va haydovchi minora ichida joylashgan va tashqariga chiqishga ega.

Mil va podshipniklarning holati gaykalar 7 va qistirmalari 8 bilan o'rnatiladi. Regulyator 8.4- rasmda ko'rsatilgan bo'lib, vtulka 1, vtulka 2, cheklovchi 3, qo'zg'atuvchi tirgak 4, ikkita qavs 5, boshlang'ich buloq 6 va ishchi buloq 7 dan iborat.

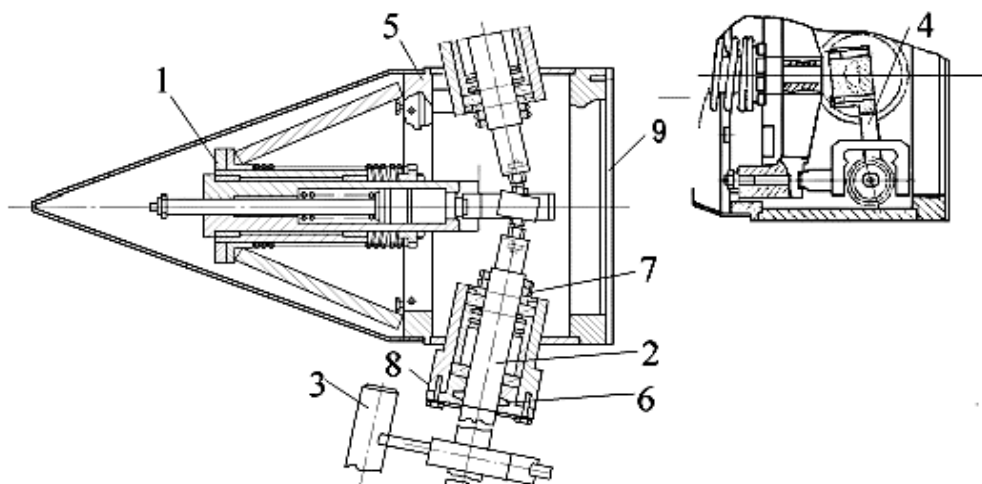


**8.2-rasm.** Shamol g'ildiragi: 1 - tezlikni regulyatori;

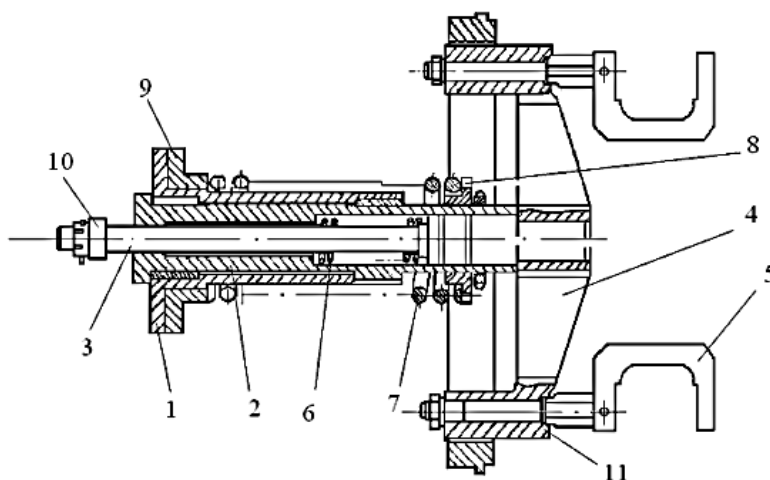
2 - parrak; 3 - yuk; 4 - regulyator mili

Shamol g'ildiragining asosiy elementlari (8.2-rasm) tezlikni regulyatori 1 va ikkita parrak 2. Tezlikni regulyatori (8.3-rasm) shamol

g'ildiragining aylanishlar sonini belgilangan chegaralar doirasida cheklash uchun mo'ljallangan. ishlaydigan shamol tezligi.



**8.3-rasm.** Shamol g'ildiragi tezligini regulyatori: 1 - boshqaruvchi; 2 - mil; 3 - yuk; 4 - krank; 5 - tana; 6 - muhr; 7 - yong'oq; 8 - qistirma; 9 - qopqoq

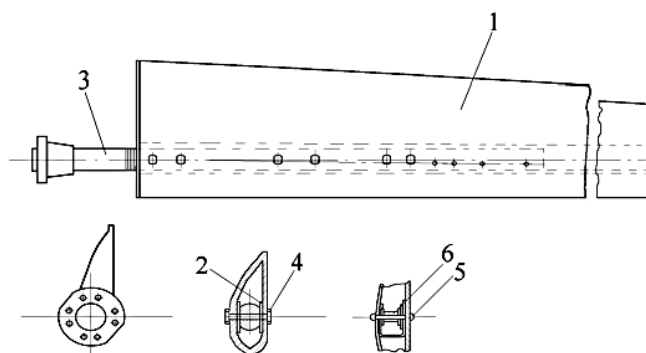


**8.4-rasm.** Regulyator: 1 - yeng; 2 - vtulka; 3 - cheklovchi; 4 - rocker; 5 - qavs; 6 - boshlang'ich bahor; 7 - ishlaydigan kamon; 8 - yong'oq; 9 - konus; 10 - yong'oq; 11 - sozlash yuvish mashinasi

Vulka 1 shamol g'ildiragining tezlikni regulyatorining korpusiga mahkam o'rnatiladi. Yeng 1 ichki , yeng 2 ikkita yo'riqnoma bo'ylab harakatlanadi. Yenglarning o'zaro siljishi ishchi prujina 7 va

harakatlanuvchi gilzadagi chiqib ketish bilan chegaralanadi. Harakatlanuvchi gilzaning ichki trubkasida boshlang'ich prujina 6 qo'yilgan cheklovchi 3 mavjud. Roker 4 orqali cheklovchi tirgaklarga 5 qattiq bog'langan. Kranklar 4 orqali qavslar (8.3-rasm) ulangan. shamol g'ildiragi tezligini regulyatorining vallari. Shamol g'ildiragining pichog'i 8.5-rasmda ko'rsatilgan. Parrak shamol g'ildiragining tezlikni regulyatorining miliga oltita murvat va pin bilan biriktirilgan. Shamol turbinasining ishi quyidagicha. Shamol turbinasi to'xtatilganda , regulyatorning boshlang'ich bahori 6, parraklarni 43 0 ga teng boshlang'ich burchaklariga o'rnatadi. 4,5 m/s shamol tezligida shamol g'ildiragi aylana boshlaydi.

Shamol g'ildiragining aylanish chastotasining ortishi bilan yuklarning aylana kuchining markazi 3 ortadi ( 8.2 -rasmga qarang ), ularning ta'siri ostida ular parraklarning aylanish tekisligiga aylanishga moyil bo'ladi. Parraklar 7 0 burchak ostida aylanadi, boshlang'ich kamon siqiladi va shamol g'ildiragi 230 rpm nominal tezlikda aylanadi.



**8.5-rasm.** Parrak: 1 - qoplama; 2 - shpal; 3 - maksimal; 4 - murvat;  
5 - perchin; 6 - tebranish kuchaytirgichi

Shamol tezligi hisoblanganidan yuqori bo'lganda, boshqaruv rejimi boshlanadi, ya'ni shamol g'ildiragining doimiy aylanishlarini saqlab qoladi. Shamol tezligining har bir ortishi bilan yuklar tomonidan

yaratilgan markazdan qochma kuch kuchayadi, bu esa parraklarni o'rnatish burchaklarining pasayishiga olib keladi. Shu bilan birga, ishlaydigan kamon siqiladi. Shamol tezligining pasayishi bilan og'irliklarning markazdan qochma kuchi ham kamayadi, bu esa ishchi kamonni ochish va parraklarni tegishli holatga aylantirish imkonini beradi. Shamol yo'q bo'lganda, ishlaydigan kamon faol emas va boshlang'ich bahor parraklarni boshlang'ich burchaklariga olib keladi.

### **Ish tartibi**

1. Qurilmani va komponentlarning ishlash printsipini o'rganish shamol turbinalari.

Momentni shamol g'ildirigidan generatorga o'tkazish uchun mo'ljallangan silindrsimon vites qutisi dizaynini o'rganish .

3. Chuvalchang tishli mexanizm yo'nalishini loyihalashni o'rganing.

Shamol turbinasini yig'ish va o'rnatish texnologiyasini o'rganish .

5. Elektr ta'minoti tizimini loyihalash o'qituvchi tomonidan ko'rsatilgan variant bo'yicha AVEU6-4M shamol turbinasidan elektr qabul qiluvchisi (8.1-jadval), AVEU6-4M shamol turbinasining umumiy va o'rnatish o'lchamlarini asos qilib olgan (8.1-rasmga qarang). PUE [4] ga muvofiq, elektr qabul qiluvchilarni quvvat bilan ta'minlash uchun kerakli simlar, kabellar, tayanchlar, izolyatorlar va boshqa jihozlarni tanlang .

### **Laboratoriya hisobotining mazmuni**

1. Ishning maqsadi.
2. Ishning borishi.



3. AVEU6-4M shamol turbinasidan elektr qabul qiluvchining elektr ta'minoti tizimini chizish .

4. Savollarga javoblar.

5. Hulosalar

### **Nazorat savollari**

1. Shamol turbinasining ramzi qanday ochiladi?

2. Shamol turbinasining ishlash printsipini aytib bering .

3. Shamol turbinasi parraklarining dizaynini tasvirlab bering .

4. Shamol g'ildiragi tezligini regulyatorining konstruktsiyasi va ishlash printsipini tavsiflang .

5. Shamol turbinasi silindrsimon vites qutisining dizayni va ishlash printsipini tavsiflang .

6. Orientatsiya mexanizmining shamol turbinasi tuzilishi va ishlashini aytib bering.

## TESTLAR

1. Respublikamiz hududida shamolning o'rtacha tezligi qancha?

- a) 4-6 m/s
- b) 7-9 m/s
- v) 10-12 m/s
- d) 1-3 m/s

2. Energiyaning o'lchov birligi ?

- a) J
- b) V
- c) Pa
- d) H

3. 1 k·Vt soat necha Joul

- a)  $3,6 \text{ g } 10^6 \text{ J}$
- b)  $4,6 \text{ g } 10^8 \text{ J}$
- c)  $3,6 \text{ g } 10^3 \text{ J}$
- d)  $4.17 \text{ g } 10^3 \text{ J}$

4. Qayta tiklanadigan energiyaga quyidagi energiya manbalaridan qaysi biri misol bo'la oladi?

- a) gidroenergetika
- b) Yadro energiyasi
- c) ko'mir
- d) neft

5. Quyosh energiyasidan hosil bo'ladigan ikkilamchi energiya manbalariga quyidagi energiya manbalaridan qaysi birini misol qilib keltirish mumkin ?

- a) Hidroenergetika, shamol energiyasi, biomassa
- b) Dengiz va okeanlar suvlarining energiyalari
- V) geotermal energiya
- G) TPP

6. Quyidagi variantlardan qaysi biri qayta tiklanmaydigan energiya manbalari hisoblanadi?

- a) yoqilg'i energiyasi
- b) Quyosh energiyasi

- c) Geotermal energiya
- d) Dengiz va okeanlarning to'lqin energiyasi

7. O'zbekiston Respublikasining turli hududlarida quyosh nurlanishining soatlik ulushi qancha?

- a) yiliga 2650-3050 soat
- b) yiliga 2300-2450 soat
- c) 1950-2150 soat/yil
- d) 3400-3550 soat/yil

8. Qayta tiklanuvchi energiya turlarining texnik salohiyati O'zbekiston sharoitida 98,6% ni tashkil qiladi?

- a) quyosh energiyasi
- b) gidroenergetika
- c) shamol energiyasi
- d) Geotermal energiya

9. Miloddan avvalgi 3000-yillarda ibtidoiy shamol turbinalaridan foydalangan davlat?

- a) Xitoy
- b) Amerika
- c) Rossiya
- d) Daniya

10. Yil davomida shamol energiyasidan energiya ishlab chiqarishda O'zbekistonning kVt/soat salohiyati qanday ?

- A) 1 trillion kVt/soat
- b) 1,5 trln. kVt/soat
- c) 0,5 trln. kVt/soat
- d) 2 trln. kVt/soat

11. 1931 yilda Qrimda dunyodagi eng kuchli shamol stansiyasi ishga tushirildi . Uning kuchi nima edi?

- a) 100 kVt
- b) 500 kVt
- c) 1000 kVt
- d) 1500 kVt

12. 2021 yilgacha Respublikamizning qaysi hududlarida shamol elektr stansiyalarini qurish va ishga tushirish rejalashtirilgan?

- a) Navoiy
- b) Andijon
- c) Qashqadaryo
- d) Toshkent

13. Faol turbina - bu ...

- a) Havo oqimining kinetik energiyasidan foydalanadi .
- b) Havo oqimining to'liq energiyasidan foydalanadigan turbina.
- c) Havo oqimining faqat potentsial energiyasidan foydalanadigan turbina.
- d) Havo oqimi tezligidan foydalanadigan turbina.

14. Muqobil energiya turlari

- a) Quyosh energiyasi, shamol energiyasi, suv energiyasi (Gidroenergiya ), yer va suvning ichki energiyasi (geotermal).
- b) Quyosh energiyasi
- c) Shamol energiyasi
- d) Yer va suvlarning ichki energiyasi (Geotermal), shamol energiyasi.

15. 1931 yilda Qrimda qurilgan, quvvati 100 kVt bo'lgan eng yirik shamol stansiyasi nechanchi yilgacha ishlagan?

- a) 1942 yilgacha
- b) 1940 yilgacha
- c) 1938 yilgacha
- d) 1936 yilgacha

16. XX asrning 80-yillarida shamol energiyasidan foydalanishning asosiy yo'nalishlari .

- a) 3 xil. 25 kVt, 55 -500 kVt, 1000 kVt
- b) 4 xil. Kichik, o'rta, katta, juda katta
- c) barcha javoblar to'g'ri
- d) 3 xil. Kichik, o'rta, katta.

17. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni.

- a) Energiya yo'qolmaydi, faqat o'zgaradi
- b) energiya faqat shakldan ikkinchisiga o'zgarishi mumkin

v) Izolyatsiya qilingan sistemalarda energiya hajmlari doimiy bo'lib qoladi

d) jismning ish bajarish qobiliyati energiyaning saqlanishi deyiladi.

18. Navoiy viloyatida shamolning maksimal tezligi qancha?

a) 15-25 m/s

b) 30-35 m/s

v) 10-15 m/s

d) 15-20 m/s

19. Dunyoning nechta davlati shamoldan energiya oladi?

a) 55

b) 45

c) 35

d) 65

20. Shamol energiyasidan foydalanishda dunyoning qaysi qitasi yetakchilik qilmoqda?

a) Yevropa

b) Avstraliya

c) Afrika

d) Shimoliy Afrika

21. Shamol - bu ...

a) havo massalari oqimi

b) Harakatdagi issiqlik oqimi.

c) havo bosimi

d) havo tezligi

22. Shamol stansiyalarining kamchiliklari

a) yuqori shovqin

b) qimmat

v) Zaharli gazlar emissiyasi

d) Qurilmaning uzluksiz ishlashi

23. Quyidagilardan qaysi biri shamolning sababi hisoblanadi?

a) quyosh energiyasi

b) Yerning tortishish kuchi

c) Oyning tortishish kuchi

d) yerning o'z o'qi atrofida aylanishi

24. Birlamchi, ibtidoiy shamol dvigatellari qayerda ishlatilgan?

- a) Xitoyda
- b) Meksikada
- c) Rossiyada
- d) Yaponiyada

25. Shamol elektr stansiyalarining rivojlanishi va tarqalishiga nima sabab bo'ldi ?

- a) 1970-yillardagi neft inqirozi
- b) Fan va texnika yutuqlari
- c) Ekologik muammolar
- d) Texnik xavfsizlik

26. Shamol energiyasidan foydalanishda qaysi davlatlar yetakchi ?

- a) Germaniya, Ispaniya, AQSh
- b) Xitoy, Yaponiya, Koreya
- c) Afrika, Qatar, Misr
- d) Braziliya, Italiya, Xorvatiya

27. Shamol elektr stansiyalarida asosan qanday turdagi generatorlardan foydalaniladi ?

- a) 45-50 mln.t
- b) 50-55 mlrd.t
- v) 5-5,5 mln.t
- d) 9,2-12 mln.t

28. Shamol turbinalari quvvatiga ko'ra qanday guruhlariga bo'linadi?

a) kam quvvatli shamol turbinalari - 100 kVtgacha. O'rta quvvatli shamol turbinalari - 100 - 500 kVt. Yuqori quvvatli shamol turbinalari - 500 kVt - 4 MVt va undan ko'p.

b) kam quvvatli WPP - 1 kVtgacha. Yuqori quvvatli shamol turbinalari - 100 kVtgacha.

v) kam quvvatli shamol turbinalari - 500 Vt gacha. O'rta quvvatli shamol turbinalari - 10 kVtgacha. Yuqori quvvatli shamol turbinalari - 500 kVtgacha.

d) kam quvvatli GES - 1 MVtgacha. Yuqori quvvatli shamol turbinalari - 100 MVtgacha.

29. Shamol yo'nalishini nima belgilaydi?

- a) shamol pardasi bilan
- b) anemometr yordamida
- c) generatoridan foydalanish
- d) bulutlar yordamida

30. Shamol energiyasi nimaga bog'liq?

- a) Shamolning tezligi va kuchi
- b) shamol tezligi bo'yicha
- c) Tezlik, doimiy va ortib boruvchi
- d) Shamol yo'nalishidan

31. Energiyani olish, uzatish va ishlatishning istiqbolli usullari majmui, ular an'anaviy usullar kabi keng tarqalmagan, lekin ulardan foydalanish rentabelligi va qoida tariqasida, atrof-muhitga zarar etkazish xavfi pastligi sababli qiziqish uyg'otadi.

- a) muqobil energiya
- b) shamol energiyasi
- c) bioyoqilg'i
- d) Quyosh energiyasi

32. Atmosferadagi havo massalarining kinetik energiyasini elektr, mexanik, issiqlik yoki xalq xo'jaligida foydalanish uchun qulay bo'lgan boshqa energiya turiga aylantirishga ixtisoslashgan energetika sanoati .

- a) shamol energiyasi
- b) muqobil energiya
- c) bioyoqilg'i
- d) Quyosh energiyasi

33. Organizmlarning hayotiy faoliyati mahsulotlaridan yoki organik sanoat chiqindilaridan yoqilg'i .

- a) bioyoqilg'i
- b) shamol energiyasi
- c) muqobil energiya
- d) Quyosh energiyasi

34. Har qanday shaklda energiya olish uchun quyosh nurlanishidan bevosita foydalanishga asoslangan muqobil energiya yo'nalishi .

- a) Quyosh energiyasi
- b) bioyoqilg'i
- c) shamol energiyasi
- d) muqobil energiya

35. Insonning iqtisodiy faoliyati sohasi , suv oqimi energiyasini elektr energiyasiga aylantirish uchun xizmat qiluvchi yirik tabiiy va sun'iy quyi tizimlar to'plami.

- a) gidroenergetika
- b) Quyosh energiyasi
- c) bioyoqilg'i
- d) shamol energiyasi

36. Yerning tubida joylashgan energiyadan, geotermal stansiyalarda elektr energiyasini ishlab chiqarishga asoslangan .

- a) geotermal energiya
- b) Momaqaldiraq energiyasi
- c) Boshqariladigan termoyadro sintezi
- d) taqsimlangan energiya ishlab chiqarish

37. Energiyani to'plash, tashish va odamlar tomonidan iste'mol qilish vositasi sifatida foydalanishga asoslangan energetika sanoati .

- a) vodorod energiyasi
- b) Geotermal energiya
- c) Momaqaldiraq energiyasi
- d) Boshqariladigan termoyadro sintezi

38. Shamol oqimining kinetik energiyasini keyinchalik uni elektr energiyasiga aylantirish bilan rotorning aylanish mexanik energiyasiga aylantirish uchun qurilma .

- a) shamol turbinasi .
- b) shamol stansiyasi.
- c) yer usti shamol stansiyasi.
- d) qirg'oq shamol stansiyasi.

39. Bir yoki bir nechta joylarda yig'ilgan va bitta tarmoqqa birlashtirilgan bir nechta shamol turbinalari.

- a) shamol stansiyasi.
- b) shamol generatori.



- c) yer usti shamol stansiyasi.
- d) qirg'oq shamol stansiyasi.

40. Shamol generatorlari tepaliklar yoki tepaliklarga o'rnatiladigan shamol stansiyalarining turi.

- a) quruqlikdagi shamol stansiyasi.
- b) shamol generatori.
- c) shamol stansiyasi.
- d) qirg'oq shamol stansiyasi.

41. Dengiz yoki okean qirg'oqlaridan kichik masofada o'rnatiladigan shamol stansiyalari, shamol turbinalari turi.

- a) Dengizdagi shamol stansiyasi.
- b) shamol generatori.
- c) shamol stansiyasi.
- d) yer usti shamol stansiyasi.

42. Dengizda, qirg'oqdan 10-60 kilometr uzoqlikda o'rnatiladigan shamol elektr stansiyalarining turi .

- a) dengizdagi shamol stansiyasi.
- b) shamol generatori.
- c) shamol stansiyasi.
- d) yer usti shamol stansiyasi.

43. Fotoelementlar yordamida elektr energiyasini olish.

- a) fotovoltaiklar .
- b) Quyosh issiqlik energiyasi.
- c) Stirling dvigateli
- d) Quyosh kollektori

44. Quyosh nurlarini yutuvchi sirtni isitish va keyinchalik issiqlikni taqsimlash va ishlatish.

- a) quyosh issiqlik energiyasi.
- b) fotovoltaiklar .
- c) Stirling dvigateli
- d) Quyosh kollektori

45. Suyuq yoki gazsimon ishchi suyuqlik yopiq hajmda harakatlanadigan issiqlik dvigateli, tashqi yonish dvigatelining bir turi.

- a) Stirling dvigateli
- b) fotovoltaiklar .
- c) Quyosh issiqlik energiyasi.
- d) Quyosh kollektori

46. Quyosh issiqlik energiyasini yig'ish uchun qurilma ( quyosh o'rnatish), ko'rinadigan yorug'lik va yaqin infraqizil nurlanish bilan ta'minlanadi.

- a) Quyosh kollektori+
- b) fotovoltaiklar .
- c) Quyosh issiqlik energiyasi.
- d) Stirling dvigateli

47. Quyosh kollektorining bir turi, quyosh nurlanishini yutish , uni issiqlikka aylantirish, to'plash va iste'molchiga o'tkazish orqali issiq suv ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan .

- a) quyosh suv isitgichi
- b) fotovoltaiklar .
- c) Quyosh issiqlik energiyasi.
- d) Stirling dvigateli

48. Yer yuzasidan ma'lum balandlikdagi har qanday hududning shamol oqimining umumiy energiyasi .

- a) Shamol potentsiali.
- b) yalpi potentsial.
- c) Texnik salohiyat.
- d) Iqtisodiy salohiyat.

49. Yer yuzasidan ma'lum balandlikdagi har qanday hududning shamol oqimining energiya ekvivalenti.

- a) yalpi potentsial.
- b) Shamol potentsiali.
- c) Texnik salohiyat.
- d) Iqtisodiy salohiyat.

50. Ijtimoiy va ekologik xarakterdagi talablarni hisobga olgan holda zamonaviy shamol energetikasi uskunalari yordamida foydali foydalanish mumkin bo'lgan yalpi salohiyatning bir qismi .

- a) Texnik salohiyat.

- b) Shamol potentsiali.
- c) yalpi potentsial.
- d) Iqtisodiy salohiyat.

51. Ijtimoiy-iqtisodiy xarakterdagi talablarni hisobga olgan holda zamonaviy sharoitda iqtisodiy jihatdan samarali bo'lgan texnik salohiyatning bir qismi .

- a) Iqtisodiy salohiyat.
- b) Shamol potentsiali.
- c) yalpi potentsial.
- d) Texnik salohiyat.

52. Hududning shamol sharoitlarini tavsiflovchi va shamol energiyasini miqdoriy baholash va shamol energiyasi qurilmalarining kutilayotgan ishlab chiqarishini hisoblash imkonini beruvchi tizimlashtirilgan ma'lumotlar to'plami.

- a) shamol kadastri.
- b) Shamol potentsiali.
- c) yalpi potentsial.
- d) Texnik salohiyat.

53. Quyosh nurlari energiyasini elektr energiyasiga aylantirish uchun mo'ljallangan elektr stantsiyasi.

- a) Quyosh elektr stantsiyasi.
- b) Quyosh-yonilg'i elektr stantsiyasi.
- c) quyosh energiyasi bilan isitish.
- d) quyosh issiq suv ta'minoti.

54. Quyosh nurlari energiyasini va yoqilg'ining kimyoviy energiyasini yagona texnologik sxema bo'yicha elektr va issiqlik energiyasiga aylantiruvchi elektr stantsiyasi .

- a) Quyosh-yonilg'i elektr stantsiyasi.
- b) Quyosh elektr stantsiyasi.
- c) quyosh energiyasi bilan isitish.
- d) quyosh issiq suv ta'minoti.

55. Isitish, issiq suv ta'minoti va turli iste'molchilarning texnologik ehtiyojlarini qondirish uchun quyosh nurlanishidan energiya foydalanish.

- a) quyosh isitish.
- b) Quyosh elektr stansiyasi.
- c) quyosh yoqilg'isi elektr stantsiyasi.
- d) quyosh issiq suv ta'minoti.

56. Turli iste'molchilarning maishiy va texnologik ehtiyojlarini qondirish uchun suvni isitish uchun quyosh radiatsiyasi energiyasidan foydalanish .

- a) quyosh issiq suv ta'minoti.
- b) Quyosh elektr stansiyasi.
- c) quyosh yoqilg'isi elektr stantsiyasi.
- d) quyosh energiyasi bilan isitish.

57. Quyosh nurlanishining energiyasidan havoni tozalash, oziq-ovqat mahsulotlarini saqlash va boshqalar uchun sovuq olish uchun foydalanish.

- a) Quyosh energiyasi bilan sovutish.
- b) Quyosh elektr stansiyasi.
- c) quyosh yoqilg'isi elektr stantsiyasi.
- d) quyosh energiyasi bilan isitish.

58. To'g'ridan-to'g'ri konvertatsiya qilishning turli fizik tamoyillari asosida tayyorlangan quyosh nurlari energiyasini elektr energiyasiga aylantirish .

- a) quyosh batareyasi.
- b) Quyosh fotovoltaik elementi.
- c) Ikki tomonlama quyosh batareyasi.
- d) Termoelektrik quyosh batareyasi.

59. Fotoelektrik effektga asoslangan quyosh elementi.

- a) Quyosh fotovoltaik elementi.
- b) Quyosh batareyasi.
- c) Ikki tomonlama quyosh batareyasi.
- d) Termoelektrik quyosh batareyasi.

60. Ikki tomonlama fotosensitivlikka ega quyosh elementi.

- a) Ikki tomonlama quyosh batareyasi.
- b) Quyosh batareyasi.
- c) Quyosh fotovoltaik elementi.

d) Termoelektrik quyosh batareyasi.

61. Termoelektrik hodisalarga asoslangan quyosh xujayrasi, bunda issiqlik manbai quyosh radiatsiyasining energiyasi hisoblanadi .

- a) Termoelektrik quyosh batareyasi.
- b) Quyosh batareyasi.
- c) Quyosh fotovoltaik elementi.
- d) Ikki tomonlama quyosh batareyasi.

62. Termoelektron emissiya hodisasiga asoslangan quyosh konvertori , bunda issiqlik manbai quyosh nurlanishining energiyasi hisoblanadi.

- a) Termionik quyosh konvertori.
- b) Quyosh batareyasi.
- c) Quyosh fotovoltaik elementi.
- d) Ikki tomonlama quyosh batareyasi.

63. Issiqlik energiyasini mexanik energiyaga, keyin esa elektr energiyasiga aylantirishning termodinamik siklida issiqlik manbai sifatida foydalaniladigan quyosh elektr stantsiyasi .

- a) Termodinamik quyosh elektr stantsiyasi.
- b) Fotovoltaik quyosh elektr stantsiyasi.
- c) Minorali quyosh elektr stantsiyasi.
- d) Ikki pallali quyosh elektr stantsiyasi.

64. Quyosh radiatsiyasi energiyasini to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantirish usulidan foydalanadigan quyosh elektr stantsiyasi .

- a) Fotovoltaik quyosh elektr stantsiyasi.
- b) Termodinamik quyosh elektr stantsiyasi.
- c) Minorali quyosh elektr stantsiyasi.
- d) Ikki pallali quyosh elektr stantsiyasi.

65. Geliostatlar maydonidan hosil bo'lgan optik konsentratsiya tizimidan radiatsiya minoraga o'rnatilgan quyosh nurlanish energiyasini qabul qiluvchiga yo'naltirilgan quyosh elektr stantsiyasi.

- a) Minorali quyosh elektr stantsiyasi.
- b) Termodinamik quyosh elektr stantsiyasi.
- c) Fotovoltaik quyosh elektr stantsiyasi.

d) Ikki pallali quyosh elektr stansiyasi.

66. Termodinamik quyosh elektrostansiyasi, unda birlamchi konturdagi sovutish suvi tomonidan so'rilgan quyosh nurlanishining energiyasi issiqlik almashtirgich orqali ikkinchi kontaktlarning zanglashiga olib keladi .

- a) Ikki pallali quyosh elektr stansiyasi.
- b) Termodinamik quyosh elektr stansiyasi.
- c) Fotovoltaik quyosh elektr stansiyasi.
- d) Minorali quyosh elektr stansiyasi.

67. Bir xil turdagi konsentratorlar va quyosh nurlanish energiyasini qabul qiluvchilarni o'z ichiga olgan takrorlanuvchi strukturaviy elementlar-modullardan iborat quyosh elektr stansiyasi.

- a) modulli quyosh elektr stansiyasi.
- b) Termodinamik quyosh elektr stansiyasi.
- c) Fotovoltaik quyosh elektr stansiyasi.
- d) Minorali quyosh elektr stansiyasi.

68. Yutish yuzasi shaffof qobiq bilan chegaralangan evakuatsiya qilingan fazoda joylashgan quyosh nurlanishini qabul qiluvchi.

- a) vakuum qabul qilgich.
- b) markaziy qabul qiluvchi.
- c) Quyosh nurlanishining bo'shliq qabul qiluvchisi.
- d) quyosh bug' generatori.

69. Minorali quyosh elektr stansiyasida quyosh radiatsiyasini qabul qiluvchi.

- a) markaziy qabul qiluvchi.
- b) vakuum qabul qilgich.
- c) Quyosh nurlanishining bo'shliq qabul qiluvchisi.
- d) quyosh bug' generatori.

70. Issiqlik qabul qiluvchi yuzasi har xil konfiguratsiyadagi bo'shliq shakliga ega bo'lgan quyosh nurlanishini qabul qiluvchi .

- a) Quyosh nurlanishining bo'shliq qabul qiluvchisi.
- b) vakuum qabul qilgich.
- c) markaziy qabul qiluvchi.
- d) quyosh bug' generatori.

71. Bug 'hosil bo'ladigan termodinamik quyosh elektr stansiyalarining elementi.

- a) quyosh bug 'generatori.
- b) vakuum qabul qilgich.
- c) markaziy qabul qiluvchi.
- d) Quyosh nurlanishining kavitali qabul qiluvchisi.

72. Termodinamik quyosh elektr stansiyalarining elementi, unda - sovutish suvi quyosh bug 'generatoriga kirishdan oldin qizdirilishi sodir bo'ladi.

- a) Quyosh iqtisodchisi.
- b) vakuum qabul qilgich.
- c) markaziy qabul qiluvchi.
- d) Quyosh nurlanishining kavitali qabul qiluvchisi.

73. Energiyaning saqlanish va aylanish qonunini ta'riflang

- a) Energiya bordan yo'q bulmaydi, faqat o'zgaradi.
- b) Energiya bir turdan boshqa turga o'tadi xolos.
- c) Yopiq sistemalarda energiya doimiy saqlanadi.
- d) Jismni ish bajara olish qobiliyatiga energiyaning saqlanishi deyiladi.

74. Aktiv turbina deb nimaga aytiladi?

- a) Havo oqimining faqatgina kinetik energiyasidan foydalanuvchi turbinaga
- b) Havo oqimining to'liq energiyasidan foydalanuvchi turbinaga
- c) Havo oqimining faqatgina potensial energiyasidan foydalanuvchi turbinaga
- d) faqatgina havo sarfidan foydalanuvchi turbinaga.

75. Kichik quvvatli sahmol qurilmasining qaysi turini uyning yoki binolarning tom qismida o'rnatish bo'ladi

- a) Vertikal o'qli shamol qurilmasi
- b) Gorizontal o'qli shamol qurilmasi
- c) Binolarning tom qismiga o'rnatib bolmaydi.
- d) a va c javoblar to'g'ri

76. Shamol yunalishini qande asbob o'lchaydi?

- a) Fluger
- b) Barometr
- c) Manometr
- d) Termometr

77. Shamol yunalishi va tezligini nazorat qilivchi qurilma qanday aniqlanadi?

- a) Anemometr
- b) Barometr
- c) Manometr
- d) Gigrometr

78. Shamol elektr stansiyasining kamchiligi

- a) Shovqini baland
- b) Qimmatligi
- c) Zaxarli gazlar chiqarishi
- d) Domiy ishlamasligi

79. Kuniga ikki marta yo'nalishini o'zgartiradigan shamol nima deyiladi?

- a) Shabada
- b) Passat
- c) Sokin
- d) Buron

80. Dovulni faqat ma'lum bir tezlikdagi shamol deb atash mumkin. Qanday?

- a) 32,7 m\c dan yuqori
- b) 15 m\ c dan yuqori
- c) 20 m\c dan yuqori
- d) 25 m\c dan yuqori

81. Yer yuzidagi eng shamolli joy qayerda?

- a) Antakrtida
- b) Tinch okeanida
- c) Germaniyada



d) O'zbekistonda

82. Shamol qanday paydo bo'ladi?

- a) Atmosfera bosimining o'zgarishidan
- b) Temperatura o'zgarishidan
- c) Sayyoraning magnit maydoni tufayli
- d) Atmosferadagi ionlanish jarayonlari tufayli

83. "Quyosh shamoli" nima?

- a) Kosmosdagi zarrachalar oqimi
- b) Yaxshi havoda dengiz shamoli
- c) Vayron qiluvchi tayfunning nomi
- d) Quyoshni bulutli shamol tushgani

84. O'zbekistonda elektr energiyasini ishlab chiqarishda etakchi rol o'ynaydi?

- a) IES
- b) AES
- c) GES
- d) MEM

85. Qaysi elektr stansiya elektr va issiqlik ishlab chiqaradi?

- a) IEM
- b) AES
- c) GES
- d) IES

## ILOVALAR

### Topshiriqni hisoblash uchun dastlabki ma'lumotlar 8.1

Jadval I.8.1

#### ShES-3 energiya va energiya ishlab chiqarish jadvali

(Nominal quvvat  $P_{ShES-3} = 3 \text{ k}\cdot\text{V}$ )

|  |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
|--|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Shamol tezligi $v$<br>m/sek                      | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
| Tezkor quvvat<br>$P_{tezquv}, Vt$                | 0,06 | 0,2  | 0,4  | 0,7  | 1,1  | 1,7   | 2,5   | 2,9   | 3,3   | 3,4   |
| Kundalik chiqish<br>$E_{kunChiq}, kVt\cdot soat$ | 0,52 | 1,73 | 3,46 | 6,05 | 9,05 | 14,69 | 21,60 | 25,06 | 28,52 | 29,38 |

Jadval I.8.2

#### ShES-5 Quvvat va energiya ishlab chiqarish jadvali

(Nominal quvvat  $P_{ShES-5} = 5 \text{ kV}$ )

|  |  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |       |
|--|--|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| Shamol tezligi $v$<br>m/sek                      | Скорость ветра $v$<br>м/сек                      | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8     | 9     | 10   | 11    | 12    |
| Tezkor quvvat<br>$P_{tezquv}, Vt$                | Мгновенная мощность<br>$P_{мгнВЭУ}, Вт$          | 0,15 | 0,3  | 0,5  | 0,9  | 1,5  | 2,3   | 3,3   | 4,5  | 5,5   | 5,7   |
| Kundalik chiqish<br>$E_{kunChiq}, kVt\cdot soat$ | Суточная выработка<br>$E_{сутВЭУ}, кВт\cdot час$ | 1,29 | 2,59 | 4,32 | 7,77 | 12,9 | 19,51 | 28,51 | 38,9 | 47,52 | 49,25 |

**ShES-30 Quvvat va energiya ishlab chiqarish jadvali****(Nominal quvvat  $P_{ShES-5-30} = 30 \text{ kV}$ )**

| Shamol tezligi $v$<br>m/sek                       | Скорость<br>ветра $v$ м/сек                       | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    | 8     | 9     | 10    | 11     | 12    |
|---|---|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Tezkor quvvat<br>$P_{tezquv},$<br>Vt              | Мгновенная<br>мощность<br>$P_{мгнвэу},$ Вт        | 0,6 | 2,0  | 4,0  | 7,0  | 11,0 | 17,0  | 25,0  | 29,0  | 44,0   | 57,0  |
| Kundalik<br>chiqish<br>$E_{kunChiq},$<br>kVt·soat | Суточная<br>выработка<br>$E_{сутвэу},$<br>кВт·час | 5,2 | 17,3 | 34,6 | 60,5 | 95,0 | 146,9 | 216,0 | 250,6 | 380,17 | 492,5 |

## GLOSSARIY:

AG – asinxron generator

AES – atom elektr stansiyasi

SKB – statistik kondensatorli batariya

MER – muqobil energiya resurslari

ShES – shamol elektr stansiyasi

ShEQ – shamol energetik qurilmalari

DTH – doimiy tok havolasi

EUL – elektr uzatish liniyasi

NEM – noana'naviy energiya manbalari

OK – ochiq kamutator (elektr stansiyada)

RShQ – reduktorsiz shamol qurilmasi

VO'ShQ – vertikal o'qli shamol energetik qurilma

GES – gidro elektr stansiya.

$\dot{U}_s$  – statorning fazali ta'minot kuchlanishi (V);

$\dot{U}_r$  – rotor fazasining kuchlanishi (V);

$\dot{I}_s$  – stator fazasi oqimi (A);

$\dot{I}_r$  – rotor fazasi oqimi (A);

$\dot{E}_s$  – faza EDS, stator o'rashida induktsiyalangan (V);

$\dot{E}_r$  – faza EDS, rotor o'rashida induktsiya qilingan (V);

$\Psi_s \&$  – stator oqimining aloqasi (Vb);

$\Psi_r \&$  – rotor oqimining aloqasi (Vb).

Stator va rotorning elektr parametrlari:

$R_s$  – stator fazasi o'rashining faol qarshiligi (Om);

49  $R_r$  – rotorning fazali o'rashining faol qarshiligi (Om);

$L_m$  – fazali o'rashlarning o'zaro induktivligi (Gn);

$L_{\sigma s}$  – stator fazasi o'rashlarining oqish induktansi (Gn);

$L_{\sigma r}$  – rotorning fazali o'rashlarining oqish induktansi (Гн);

$\omega_s$  – stator magnit maydonining aylanish burchak chastotasi  
(rad·c<sup>-1</sup>);

$\omega_m$  – rotorning aylanishining elektr burchak chastotasi  
(rad·c<sup>-1</sup>).

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Фатеев Е. М. Ветро двигатели и ветроустановки. — М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1948. — 544 с.
2. Ветроэнергетика света// Зеленая энергетика. – 2006. – №2 (22). – С19.
3. Возобновляемая энергия в России: от возможности к реальности. –М.: ОЭСР/МЭА, 2004.
4. Неисчерпаемая энергия: Учебник / Кривцов В.С., Олейников А.М. и др. – Харьков: Высшая школа, 2003. – 400 с.
5. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Пособие для проведения лабораторного практикума. /Сост. Хахалева Л.В. –Ульяновск, 2007. – 21с.
6. Исследование ветроэнергетической установки: для энергетических специальностей УВО / сост. И.Н. Прокопеня, Т.А. Петровская, Д.С. Иванова, С.И. Страчинский. – Минск: БНТУ, 2019. – 54 с.
7. Безруких П. П. Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов. М. : Институт устойчивого развития, 2014. 74 с.
8. Токарева Е. А. Выбор ветроэнергетической установки// «Студенческие Дни науки в ТГУ»: сборник студенческих работ. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2018. 621с. С.151-152.
- 9.Лукутин Б. В., Муравлев И. О., Плотников И. А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями : учеб. пособие. Томск : изд-во Томского политех. университета, 2015. 120 с.
10. Ахметов И. Г. Молодой ученый// Спецвыпуск Омского государственного технического университета. 2016. № 28.2. С. 15–65.
11. Кашкаров А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. Саратов : Профобразование, 2017. 144 с.
12. Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Ветроэнергетика. Харьков : ХАИ, 2014. 158 с.
13. Научный журнал Куб ГАУ [Электронный ресурс]// интернет-сайт URL: <http://ej.kubagro.ru/> (дата обращения: 16.05.2019)

14. Безруких П. П. Ветроэнергетика: справочное и методическое пособие. М. : ИД «ЭНЕРГИЯ», 2015. 320 с.
15. Безруких, П. П. Ветроэнергетика. М.: Интехэнерго-Издат, Теплоэнергетик, 2014. 304 с.
16. Безруких, П. П. Ветроэнергетика. М.: Энергия, 2014. 665 с.
17. Бурмистров А. А., Виссарионнов В. И., Дерюгина Г. В. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии: учеб. пособие. М.: МЭИ, 2009. 144 с.
18. Бубенчиков А. А., Артамонова Е. Ю., Дайчман Р. А., Файфер Л. А., Катеров Ф. В., Бубенчикова Т. В. Применение ветроколес и генераторов для ветроэнергетических установок малой мощности// Международный научно- исследовательский журнал. 2015. № 5–2 (36). С. 35–39.
19. Бальзанников М. И. Эколого-экономическое обоснование эффективности гидроаккумулирующих и ветровых электростанций // Экономика и управление собственностью. 2015. № 1. С. 68–72.
20. Бубенчиков А. А., Артамонова Е. Ю., Дайчман Р. А., Файфер Л. А., Катеров Ф. В., Бубенчикова А. А. Применение ветроэнергетических установок с концентраторами ветровой энергии в регионах с малой ветровой нагрузкой // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 5– 2 (36). С. 31–35.
21. Иванов В. М. Электроснабжение и энергосбережение с использованием возобновляемых источников энергии// Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 2 (19). С. 88–93.
22. D.M.Po'latova, S.Sh.Mahmudov Shamol agregatlariga xizmat ko'rsatish va o'rnatish: «Tafakkur Bo'stoni», Toshkent-2017.
23. Пулатова Д. М. Ветроэнергетика. Учебное пособие. –Т.: «Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi», 2023. 176 с
24. Собиров Ю.Б., Пулатова Д. М., Махмудов С.Ш. Ветроэнергетика. Учебное пособие. –Т.: «Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi», 2023. 230 с

## MUNDARIJA

|   |    |
|---|----|
| KIRISH .....  | 3  |
| Shamol energetik qurilmalarining turlari.....   | 5  |
| O‘zbekistonda muqobil energiya manbalaridan foydalanish imkoniyatlari.....  | 7  |
| Shamolning asosiy xususiyatlari.....  | 9  |
| Avtonom quvvat sarfi parametrlari. Topshiriq1.1 Maksimal quvvat va iste'mol qilinadigan energiyani hisoblash.....                   | 14 |
| Shamol turbinalarining quvvatini va egallagan maydonni aniqlash. Topshiriq 2.1 Shamol turbinalarining nominal quvvatini aniqlash... | 20 |
| Topshiriq 2.2 Shamol turbinalari egallagan maydonni aniqlash.....   | 23 |
| Shamol turbinalarining aerodinamik parametrlari. Topshiriq 3.1 Shamol turbinasi rotorining parametrlarini hisoblash .....           | 26 |
| Topshiriq 3.2. Shamol turbinasi rotor qanotlarining parametrlarini hisoblash .....  | 30 |
| Shamol turbinasi generatori 4.1. Shamol turbinasi generatorining parametrlarini hisoblash.....                                      | 39 |
| Shamol turbinasi quvvat boshqaruvchisi turini tanlash .....   | 47 |
| Regulyator turlari.....   | 48 |
| Kommutatsiya kuchlanish regulyatorlari.....   | 50 |
| Kuchaytirilgan pulsatsiyalanuvchi kuchlanish regulyatori.....   | 54 |
| Intellektual boshqaruvchi.....  | 58 |
| Shamol turbinasiga invertor turini tanlash.....   | 61 |
| Shamol turbinasi inverteri turini tanlash. ....   | 62 |
| Topshiriq 6.1 Shamol turbinasi invertori turini tanlashni o‘rganish   | 62 |
| Akkumulyator batareyasining quvvatini hisoblash. Topshiriq 7.1 Akkumulyator batareyasining quvvatini hisoblash .....                | 65 |
| Iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlari Topshiriq 8.1 Shamol turbinalarining tannarxini hisoblash.....                               | 70 |
| Topshiriq 8.2 Shamol turbinalarining o'z-o'zini oqlash muddatini hisoblash .....  | 72 |
| Topshiriq 8.3 O'rnatilgan quvvatdan foydalanish koeffitsientini hisoblas .....  | 77 |
| Vazifalar.....  | 79 |
| Shamol turbinasi quvvati.....   | 84 |



|  |     |
|--|-----|
| Texnik salohiyat.....  | 112 |
| Shamol turbinalarining nazariy asoslari.....   | 113 |
| №1 Laboratoriya ishi Shamol energiyasi potensialini aniqlash.....  | 126 |
| №2 Laboratoriya ishi Shamol turbinalarini o'rganish.....   | 130 |
| №3 Laboratoriya ishi Havo oqimmi o'zgarishida Shamol tezligini aniqlash .....  | 136 |
| №4 Laboratoriya ishi Qanotli va yelkanli parraklarning egilish burchagiga qarab shamol qurilmasining tezliklarini o'rganish..... | 142 |
| №5 Laboratoriya ishi Shamol generatori kuchining shamol tezligiga bog'liqligi.....   | 147 |
| №6 Laboratoriya ishi Doimiy shamol tezligida shamol generatorining ishlashi.....   | 152 |
| №7 Laboratoriya ishi Shamol energiyasini elektr energiyaga aylantirish jarayonini o'rganish.....                                 | 161 |
| №8 Laboratoriya ishi. AVEU6-4M shamol elektr agregati tuzilishi va ish jarayonini o'rganish.....                                 | 170 |
| Testlar.....   | 178 |
| Ilovalar.....  | 194 |
| Glossariy.....   | 196 |
| Foydalanilgan adabiyotlar.....   | 198 |

