

ISSIQLIK ELEKTR STANSIYALARDAGI BUG' TURBINALARI VA ULARNING TURLARI

Qobilov Obidjon G'ayrat o'gli

Atom elektr stansiyalar va

Issiqlik energetikasi kafedrasi magistranti

Toshkent davlat texnika universiteti

Kirish: Issiqlik elektr stansiyalari elektr energiyasini bug'ning bosimidan foydalanib ishlab chiqaradi va bug' turbinalari bu jarayonda asosiy energiya konvertorlari hisoblanadi. Bug' turbinalari yordamida bug'ning issiqlik energiyasi kinetik energiyaga, undan keyin esa elektr energiyasiga aylantiriladi. Ushbu maqolada bug' turbinalarining asosiy ishlash prinsipi, turli tuzilmalari va eng keng tarqalgan turlari haqida batafsil ma'lumot beriladi.

Bug' turbinasining ishlash prinsipi: Bug' turbinasining ishlash prinsipida bug'ning katta bosimda harakatlanishi va energiyasini aylantiruvchi kurakchalarga o'tkazishi yotadi. Bug' turbinalarida energiya o'zgarishi quyidagi ko'rinishda amalga oshadi:

- *Kinetik energiyaning aylanish energiyasiga o'zgarishi:* Bug' turbinalarga yuqori tezlikda kirib, rotor kurakchalarini aylantiradi. Bu aylanish energiyasi elektr generatoriga uzatiladi. Umumiy kinetik energiya quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Bu yerda E_k — kinetik energiya, m — bug' massasi, va v — bug' tezligi.

- *Bosim o'zgarishi:* Turbina ichida bug'ning bosimi asta-sekin pasayadi, natijada bug'ning harakat energiyasi va aylanish tezligi ortadi. Bu jarayonda sodir bo'ladigan asosiy o'zgarish, entalpiya o'zgarishi orqali aniqlanadi:

$$\Delta h = h_1 - h_2$$

Bu yerda h_1 — boshlang'ich entalpiya va h_2 — oxirgi entalpiya. Entalpiya pasayishi bilan bug' energiyasi turbina kurakchalarida aylanish momentini hosil qiladi va quvvat ishlab chiqaradi.

- *Quvvat hisoblash:* Turbina tomonidan ishlab chiqariladigan quvvat aylanish momentiga va burchak tezligiga bog'liq:

$$P = \tau \cdot \omega$$

Bu yerda P — turbina quvvati, τ — aylanish momenti va ω — burchak tezligi.

Bug' turbinasining tuzilishi: Bug' turbinasining tuzilmasi asosiy qismlardan iborat bo'lib, ular energiya o'zgarishini samarali tarzda amalga oshiradi. Quyida turbina asosiy qismlari ko'rsatilgan:

- *Rotor va stator:* Rotor va stator bug' turbinasining aylanuvchi va statik

qismlari hisoblanadi. Rotor aylanish orqali kinetik energiyani aylanish energiyasiga aylantiradi, stator esa bug' oqim yo'nalishini boshqaradi.

- **Bosqichlar:** Bug' turbinalar bir yoki bir nechta bosqichlarga ega bo'lishi mumkin. Bosqichlar o'z navbatida bug'ning bosimini pasaytirib, energiyani bir bosqichdan ikkinchisiga o'tkazadi. Bu bosqichlarda entalpiya tushishi va bug' tezligining oshishi kuzatiladi.

- **Kurakchalar:** Kurakchalar rotor va stator orasida joylashgan bo'lib, bug'ning harakatini kinetik energiyaga aylantirishda muhim rol o'ynaydi. Ularning o'ziga xos shakllari bug' oqimining optimal tezlik va yo'nalishda harakatlanishini ta'minlaydi.

- **Kondensator va nasos:** Bug' kondensator orqali sovutilib, qayta suv holatiga keladi. So'ngra bu suv nasos yordamida qayta qizdirilib, turbina tizimiga uzatiladi. Bu jarayon yopiq kontur bo'lib, energiya sarfini kamaytirish imkonini beradi.

Tezlik va entalpiya diagrammalari: Bug' turbinalarining ishlash prinsipi va energiya o'zgarishlarini tushunish uchun tezlik va entalpiya diagrammalari muhim ahamiyatga ega. Bu diagrammalar yordamida bug'ning har bir bosqichda qanday energiya o'zgarishlarini boshdan kechirishini ko'rish mumkin.

Mollier Diagrammasi: Mollier diagrammasi (h-s diagrammasi) bug'ning entalpiya (h) va entropiya (s) o'rtasidagi bog'lanishni ko'rsatadi. Bu diagrammada har bir bosqichda bug'ning holatini aniqlash mumkin.

Masalan:

- **Sovutish:** Bug' turbinadan chiqib ketganda entalpiya kamayadi, bu esa energiya yo'qotishiga olib keladi. Bu jarayon yuqori bosimda va yuqori haroratda amalga oshiriladi.
- **Issiqlik berish:** Turbina ichida bug' qayta isitilganida entalpiya oshadi, bu mexanik energiyaga aylantiriladi.

T-s Diagrammasi: T-s diagrammasi (harorat-entalpiya diagrammasi) bug'ning harorat va entropiya o'rtasidagi bog'lanishni ko'rsatadi. Bu diagrammada bug'ning qaysi bosqichda qaynash, sovutish yoki ish qilish jarayonida qanday holatda ekanligini ko'rish mumkin. T-s diagrammasidan foydalanish, energetik tizimlarning samaradorligini baholashda foydalidir.

Energiya O'zgarishlarini Ko'rsatish: Diagrammalar yordamida bug' turbinalarida energiya o'zgarishlari quyidagi bosqichlarda ko'rinadi:

1. *Suyuq holatdan bug' holatiga o'tish:* Qaynatish jarayoni.
2. *Suyuq bug'ni kengaytirish:* Turbinada ish qilish.
3. *Qayta kondensatsiya:* Sovutish va energiya tiklash.

Diagrammalar yordamida bu jarayonlarning har biri aniq ko'rsatiladi va buning natijasida o'zgarishlar uchun zaruriy formulalarni kiritish mumkin:

Energiya O'zgarishi Formulasi:

$$\Delta h = h_{out} - h_{in}$$

Bu formulada h_{out} va h_{in} bug‘ning chiqishi va kirishidagi entalpiya qiymatlarini anglatadi.

Ushbu diagrammalar yordamida bug‘ turbinalarining energiya o‘zgarishlari va samaradorligini baholash mumkin, bu esa muhandislarga turbinani optimallashtirish va samaradorlikni oshirishga yordam beradi.

Bug' turbinasining turlari: Bug' turbinalari asosiy ikkita turga bo'linadi: **aktiv** va **reaktiv** turbinalar. Bu turlar energiyani turli usullarda aylantirish orqali elektr energiyasi ishlab chiqaradi.

Aktiv turbinalar: Aktiv turbinalarda bug‘ning kinetik energiyasi to‘liq rotaga kelgan paytda kurakchalarda o‘zgaradi. Bu turdagi turbinalarda bug‘ turbina kanali orqali o‘tib, oldindan tayyorlangan bosimni yo‘qotadi va kurakchalar orqali kinetik energiyaga aylantiriladi.

Aktiv turbinalar odatda quyidagi sohalarda qo‘llaniladi:

- **Past va o‘rtacha bosimli tizimlar:** past va o‘rtacha bosimda ishlovchi elektr stansiyalarida samarali.
- **Kichik o‘lchamli energetika tizimlari:** past kuchlanishda ishlaydigan turli quvvat manbalarida.

Aktiv turbinaning afzalliklari:

- **Konstruktsiya soddaligi:** dizayni nisbatan oddiy va arzon.
- **Oson xizmat ko‘rsatish:** texnik xizmat ko‘rsatish ancha qulay.
- **Moslashuvchanligi:** kam bosimli bug‘ bilan ishlovchi tizimlarda samarali.

Aktiv turbinaning kamchiliklari:

- **Samaradorligi past:** yuqori bosim va haroratda samaradorlik past bo‘lishi mumkin.
- **Quvvatni oshirish qiyin:** yuqori quvvat uchun katta konstruktsiya talab qilinadi.

Reaktiv Turbinalar: Reaktiv turbinalarda bug‘ kengayganida har bir kurakchanning o‘zida bosimni yo‘qotadi, ya'ni kinetik energiya to‘g‘ridan-to‘g‘ri rotor kurakchalariga uzatiladi. Bu turdagi turbinalar yuqori bosimli tizimlar uchun mo‘ljallangan va har bir kurakchaqa uzatiladigan kuch ko‘proq bo‘ladi, natijada yuqori quvvat ishlab chiqarish imkonini beradi.

Reaktiv turbinalar asosan quyidagi sohalarda qo‘llaniladi:

- **Yuqori bosimli elektr stansiyalari:** yuqori bosim va yuqori haroratda ishlovchi elektr stansiyalari.
- **Katta energiya talab qiluvchi tizimlar:** masalan, atom elektr stansiyalari va boshqa yirik quvvat manbalari.

Reaktiv turbinaning afzalliklari:

- **Yuqori samaradorlik:** bosimni ketma-ket yo‘qotish orqali energiyani maksimal ishlatish imkonini beradi.
- **Yuqori quvvat ishlab chiqarish:** yuqori bosim va haroratli tizimlarda samarali.

- **Samaradorlikning yuqori darajada saqlanishi:** katta quvvatli tizimlar uchun mos.

Reaktiv turbinaning kamchiliklari:

- **Konstruktsiyaning murakkabligi:** texnik xizmat ko‘rsatish uchun ko‘proq vaqt va mablag‘ talab etiladi.
- **Narxi yuqoriligi:** ko‘proq xarajat talab qiladi.

Matematik Modellashtirish: Aktiv va reaktiv turbinalar uchun samaradorlikni hisoblashda bir qator asosiy formulalardan foydalaniladi:

1. Isentropik samaradorlik:

$$\eta_s = \frac{h_{kirish} - h_{chiqish\ ideal}}{h_{kirish} - h_{chiqish\ haqiqiy}}$$

Bu yerda h_{kirish} kirishdagi entalpiya, $h_{chiqish\ ideal}$ esa ideal chiqishdagi entalpiya, $h_{chiqish\ haqiqiy}$ esa haqiqiy chiqishdagi entalpiya.

2. Reaktiv turbinalarda samaradorlik:

$$\eta_{bosqich} = \frac{\Sigma (h_{kirish} - h_{chiqish})}{N_{bosqichlar}}$$

Bu yerda $N_{bosqichlar}$ bosqichlar sonini, h_{kirish} va $h_{chiqish}$ entalpiyalarning o‘zgarishini anglatadi.

Bosqichli va bir bosqichli turbinalar: Bug‘ turbinalari o‘zining konstruktsiyasi va ishlash mexanizmiga qarab bir bosqichli va ko‘p bosqichli turlarga bo‘linadi. Bu turdagi turbinalar bug‘ning kinetik energiyasini maksimal darajada qayta ishlash va samaradorligini oshirish maqsadida ishlab chiqilgan.

Bir bosqichli turbinalar: Bir bosqichli turbinalar sodda konstruktsiyaga ega bo‘lib, faqat bitta rotor va stator kurakchalaridan iborat. Bu turdagi turbinalarda bug‘ bitta jarayon davomida kengayadi va shu bosqichda butun energiyani berishga intiladi. Bir bosqichli turbinalar odatda quyidagi sohalarda ishlatiladi:

- **Kichik quvvat talab qiluvchi tizimlar:** bir bosqichli turbinalar past quvvat talab qiladigan qurilmalarda, masalan, kichik issiqlik elektr stansiyalarida ishlatiladi.
- **Portativ va mobil energiya manbalari:** Portativ turbinalarda bir bosqichli konstruktsiya yuqori samaradorlik va oson transportni ta'minlaydi.

Bir bosqichli turbinaning afzalliklari:

- Konstruktsiyasi oddiy va arzon.
- Texnik xizmat ko‘rsatish oson.
- Kompakt hajmi bilan samaradorlikni ta'minlaydi.

Bir bosqichli turbinaning kamchiliklari:

- Yuqori bosim va haroratda samaradorligi pastroq bo‘ladi.
- Katta quvvat va keng ko‘lamli ishlov berish uchun mos emas.

Ko‘p Bosqichli Turbinalar: Ko‘p bosqichli turbinalar murakkabroq konstruksiyaga ega bo‘lib, bir nechta bosqichlardan iborat. Har bir bosqichda bug‘ kengayib, energiyani ketma-ketlik bilan beradi. Bu turdagi turbinalar yuqori bosim va yuqori haroratda ishlash uchun mo‘ljallangan va quyidagi sohalarida keng qo‘llaniladi:

- *Yirik issiqlik elektr stansiyalari:* ko‘p bosqichli turbinalar yuqori samaradorligi tufayli yirik energetika tizimlarida qo‘llaniladi.
- *Og‘ir sanoat ob‘ektlari:* yuqori harorat va bosim talab qiladigan sanoat jarayonlarida ishlatiladi.
- *Boshqa yirik quvvat manbalari:* masalan, atom elektr stansiyalari va geotermal energiya tizimlarida.

Ko‘p bosqichli turbinaning afzalliklari:

- *Yuqori samaradorlik:* bug‘ ketma-ket bosqichlarda kengaygani uchun energiya sarfi kamayadi.
- *Yuqori quvvatni ta‘minlaydi:* bu turdagi turbinalar katta energiya manbalariga ega.
- *Yuqori bosim va haroratga chidamli:* bu esa uni og‘ir sanoat va yirik elektr stansiyalarida ishlatishga mos qiladi.

Ko‘p bosqichli turbinaning kamchiliklari:

- Konstruksiyasi murakkab va texnik xizmat ko‘rsatish talab qiladi.
- O‘lchami kattaroq va narxi yuqori.

Matematik Modellash:

Bosqichli va bir bosqichli turbinalar uchun samaradorlikni hisoblashda quyidagi asosiy formulalardan foydalaniladi:

Isentropik samaradorlik:

$$\eta_s = \frac{h_{kirish} - h_{chiqish\ ideal}}{h_{kirish} - h_{chiqish\ haqiqiy}}$$

Bu yerda h_{kirish} entalpiya, $h_{chiqish\ ideal}$ — ideal chiqishdagi entalpiya, $h_{chiqish\ haqiqiy}$ haqiqiy esa haqiqiy chiqishdagi entalpiya.

Bosqichlar bo‘yicha samaradorlik:

$$\eta_{bosqich} = \frac{\sum (h_{kirish} - h_{chiqish})}{N_{bosqichlar}}$$

Bu formulada $N_{bosqichlar}$ — bosqichlar soni va har bir bosqichdagi entalpiyalarning o‘zgarishi summasi hisoblanadi.

Superkritik turbinalar: Superkritik bug‘ turbinalari zamonaviy energetik tizimlarda yuqori samaradorlikni ta‘minlaydigan texnologiyalardan biri hisoblanadi. Ushbu turbinalar yuqori bosim va harorat darajasida ishlaydi, bunda bug‘ suvning kritik nuqtasidan yuqori sharoitda (374°C va 22.1 MPa) hosil bo‘ladi. Kritik nuqtadan

yuqori sharoitlarda suv va bug‘ fazalari bir-biridan ajralmagan bo‘ladi, ya’ni superkritik bug‘ xossalariga ega bo‘ladi. Superkritik bug‘ turbinalarida ish jarayoni an’anaviy turbinalar bilan o‘xshash, ammo ish parametrlari yuqori bosim va harorat bilan bog‘liq bo‘lgani sababli samaradorligi sezilarli darajada yuqori bo‘ladi. Superkritik turbinalar yordamida elektr energiyasini kamroq yoqilg‘i bilan ishlab chiqarish mumkin, bu esa energiyani tejash va chiqindilarni kamaytirishga xizmat qiladi. Ushbu turdagi turbinalarda ishlatiladigan materiallar va tuzilma yuqori harorat va bosimga chidamlilik talablariga javob berishi kerak. Quyida superkritik turbinalarning asosiy tarkibiy qismlari keltirilgan:

1. *Ishchi kurakchalar* – Yuksak chidamlilik va yuqori tezlikda ishlash uchun maxsus metall qotishmalardan tayyorlanadi.

2. *Kengaytirish kamerasi* – Superkritik bosim ostida bug‘ni kengaytirish uchun ishlatiladi va yuqori haroratga bardosh bera oladi.

3. *Kondensatorlar* – Sovuq bug‘ni yana qayta ishlatish uchun kondensatsiya qiladi, bu esa energiya tiklashda muhim rol o‘ynaydi.

Superkritik bug‘ turbinalarining afzalliklari quyidagicha:

- *Yuqori samaradorlik:* Superkritik sharoitlarda ishlash natijasida turbinaning termik samaradorligi oshadi. Bu esa 40-45% atrofida foydali ish koeffitsienti (FIK) darajasiga erishish imkonini beradi, ayrim holatlarda esa 50% ga yaqinlashadi.

- *Yo‘qotishlarning kamligi:* Superkritik bosimda ish olib borilganda yo‘qotishlar va bug‘ yo‘qotilish darajasi kamayadi, chunki bug‘ bosimi va harorati doimiy bo‘ladi.

- *Atrof-muhitga ta’siri kam:* Kamroq yoqilg‘i yoqilishi natijasida zararli gaz chiqindilari kamayadi, bu esa ekologik tozalikni oshiradi.

Matematik modellashtirish:

Superkritik bug‘ turbinalarida yo‘qotishlarni hisoblashda quyidagi asosiy formulalardan foydalaniladi:

- *Isentropik samaradorlik:*

$$\eta_s = \frac{h_1 - h_{2a}}{h_1 - h_{2s}}$$

Bu yerda h_1 – kirishdagi entalpiya, h_{2a} – haqiqiy chiqish entalpiyasi, h_{2s} – ideal holatdagi chiqish entalpiyasi.

Superkritik bug‘ning yo‘qotishlarni hisoblash:

$$P_{yo'qotish} = m * (h_{yo'qotish})$$

Bu formulada $P_{yo'qotish}$ – yo‘qotish quvvati, m – bug‘ning massaviy oqim tezligi, $h_{yo'qotish}$ esa yo‘qotilayotgan energiya miqdorini bildiradi.

Hozirda Yevropa, AQSh, Yaponiya va Xitoyda superkritik bug‘ turbinalari keng qo‘llanmoqda. Ayniqsa, Yaponiya va Janubiy Koreyada 600-650°C harorat va 25-30

MPa bosim ostida ishlaydigan yuqori samarador superkritik turbinalar ishlab chiqilgan. Bu turdagi turbinalar kamroq yoqilg'i sarfi bilan yuqori darajada energiya ishlab chiqarish imkonini beradi, bu esa energiya resurslarini tejamkorlik bilan ishlatishga yordam beradi.

Xulosa:

Issiqlik elektr stansiyalaridagi bug' turbinalari turli konstruktsiya va ishlash prinsiplariga ega bo'lib, ularning har biri energiya ishlab chiqarishda muhim rol o'ynaydi. Aktiv va reaktiv turdagi turbinalar o'zining tuzilishi va ishlash xususiyatlari bilan ajralib turadi. Aktiv turbinalar past va o'rta bosimda samarali ishlaydigan sodda konstruktsiyaga ega bo'lsa, reaktiv turbinalar yuqori bosim ostida yuqori samaradorlikka erishishga imkon beradi. Bu turbinalar turli energiya talablariga javob beradigan sifatlari bilan ajralib turadi.

Bundan tashqari, bir bosqichli va ko'p bosqichli turbinalar bug' energiyasini yanada samarali foydalanishga xizmat qiladi. Ko'p bosqichli turbinalar katta quvvat talab qiladigan tizimlarda yuqori samaradorlikni ta'minlasa, bir bosqichli turbinalar kichik quvvat talab qiladigan tizimlar uchun mo'ljallangan va oddiy tuzilishga ega.

Yuqori samaradorlikka erishish uchun superkritik turdagi zamonaviy bug' turbinalaridan foydalanish stansiyalarda energiya tejamkorligini oshiradi va ekologik ta'sirni kamaytirishga yordam beradi. Issiqlik elektr stansiyalarida to'g'ri turdagi bug' turbinasini tanlash energiya ishlab chiqarishning samaradorligini oshirishda va resurslardan oqilona foydalanishda muhim ahamiyatga ega.