



©Sattorov O.U., Bobomuradov S.O., Moxilova N., Erkinov F.F.

## BUG' TURBINASI ISH REJIMLARINI OPTIMALLASHTIRILGAN BOSHQARUV ALGORITMLARINI ISHLAB CHIQISH

**Sattorov O.U.** - PhD, dotsent, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universitati, e-mail:olim81@bk.ru, **Bobomuradov S.O.** - Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti magistranti, **Moxilova N.** - Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti talabasi, **Erkinov F.F.** - Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti talabasi.

**Annotatsiya.** O'zbekiston respublikasi issiqlik elektr stansiyalarida hozirgi kunda o'rnatilgan quvvat 15,3 mln kvat soatdan oshgan. "O'zbekenergo" Davlat aksionerlik kompaniyasiga qarashli quvvatning 97% foizi IES ulushiga, 3% gidroelektr stansiyalar olish manbalari, shundan 50% dan ortig'i bug'-gaz skilli issiqlik elektr stansiyalariga to'g'ri keladi. Energiyani asosiy ishlab chiqaruvchi issiqlik elektr stansiyalar ekalogik jihatdan yoqilg'i balansi hisobga olgan holda 85% gaz yoqilg'isida ishlaydi. Hozirda aholini uzluksiz elektr energiya bilan ta'minlash maqsadida yangi IES lar loyhalari ustida ish olib borilmoqda. Xususan Navoiy IESda Yaponiyaning nufuzli Mitsubishi kompaniyasi bilan umumiy quvvati 1300 Mwt bo'lgan ikkita 650 Mwtli bug' gaz qurilmasi ustida ishlar olib borilmoqda. Issiqlik elektr stansiyalarida issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirishda qo'llaniladigan asosiy qurilma bu bug' turbinasi hosiblanadi. Bug' va gaz turbinalari samaradorligini oshirish, yoqilg'i sarfini kamaytirish, tabiatni zararli chiqindilardan himoyalash kabi dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Shu boisdan bug' turbinalari ularning ish rejmlari o'rganish, samaradorligini oshirish, atrof muhitga zararni kamaytirishda yangi g'oyalar, fan texnika yutuqlaridan keng foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi.

**Kalit so'zlar:** bug' turbinasi, bug' quvurlari, rostdash klapnlari silindrlar, kondensator, tezlikni nazorat qilish, PGU-478.

**Аннотация.** Установленная мощность тепловых электростанций Республики Узбекистан составляет более 15,3 млн кВтч. 97 % мощности, принадлежащей ГАК "Узбекэнерго", принадлежит тепловым электростанциям, 3 % — гидроэлектростанциям, более 50 % которых приходится на парогазовые тепловые электростанции. Тепловые электростанции, являющиеся основными производителями энергии, работают на 85% газовом топливе с учетом топливного баланса. В настоящее время ведутся работы по проектам новых тепловых электростанций с целью бесперебойного обеспечения населения электроэнергией. В частности, на ОЭС Навои с престижной японской компанией Mitsubishi ведутся работы по строительству двух парогазовых установок мощностью 650 МВт общей мощностью 1300 МВт. Паровая турбина является основным устройством, используемым для преобразования тепловой энергии в механическую на тепловых электростанциях. Повышение эффективности паровых и газовых турбин, снижение расхода топлива, защита природы от вредных отходов — одна из актуальных задач. Поэтому целесообразно изучать режимы работы паровых турбин, повышать их КПД, широко использовать новые идеи и научно-технические достижения для снижения экологического ущерба.

**Ключевые слова:** паровая турбина, паропроводы, регулирующие клапаны, цилиндров, конденсатор, регулятор скорости, ПГУ-478.

**Abstract.** The installed capacity of thermal power plants of the Republic of Uzbekistan is more than 15.3 million kWh. 97% of the capacity belonging to the state joint-stock company "Uzbekenergo" belongs to thermal power plants, 3% to hydroelectric power stations, more than 50% of which corresponds to steam-gas thermal power plants. Thermal power stations, which are the main producers of energy, operate on 85% gas fuel, taking into account the fuel balance. Currently, work is being carried out on the projects of new thermal power plants in order to provide the population with continuous electricity. In particular, works on two 650 Mw steam gas plants with a total capacity of 1300 Mw are underway at Navoi IES with the prestigious Japanese company Mitsubishi. Steam turbine is the main device used to convert thermal energy into mechanical energy in thermal power plants. Improving the efficiency of steam and gas turbines, reducing fuel consumption, and protecting nature from harmful waste is one of the urgent problems. Therefore, it is appropriate to study steam turbines' operating modes, increase their efficiency, and widely use new ideas and scientific and technical achievements to reduce environmental damage.

**Key words:** Steam turbine, steam pipes, control valves, cylinders, condenser, speed control, PGU-478.

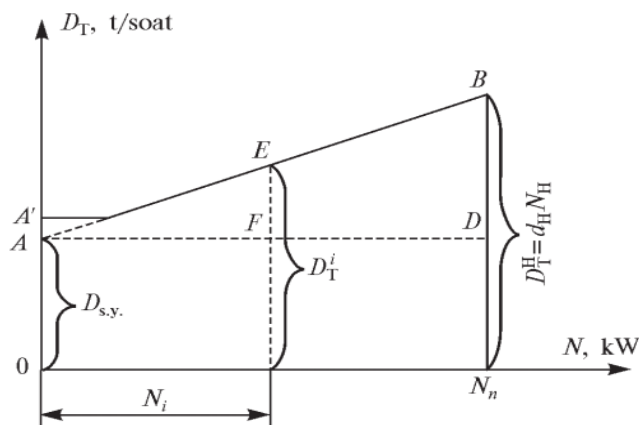
## Kirish

Bug' turbinalarida ish rejimlari. Turbinaning solishtirma eng kichik issiqlik sarfi bilan ishlaydigan quvvati tejamkor (iqtisodiy) quvvati deyiladi. Iqtisodiy quvvatda FIK yuqori qiymatida bo'ladi. Turbina uzoq muddat davomida ishlashi mumkin bo'lgan yuqori chegaraviy quvvati nominal quvvat deyiladi. Nominal quvvat iqtisodiy quvvat bilan teng bo'lishi yoki undan  $5 \div 20$  % katta bo'lishi mumkin [1].

Turbinaning issiqlik sarfi iqtisodiy quvvatga nisbatan olib boriladi. Turbina ishlaganida uning quvvati salt yurishdan tortib nominal quvvatgacha o'zgarishi mumkin. Turbina quvvati o'zgarishiga, asosan, suv sarfini, entalpiyalar farqini va bug' boshlang'ich parametrlarini o'zgartirish orqali erishiladi [2].

Bug' turbinesi quvvatini quyidagi usullarda o'zgartirish mumkin:

- Bug'ni turbinaga kirishda drossellash yo'li bilan (drosselli bug' taqsimlash);
- Turbinaning birinchi boshqariluvchi pog'onasi ochiq soplolari sonini o'zgartirish orqali (soplolik bug' taqsimlash)
- Turbinaning bitta yoki bir nechta oraliq pog'onalariga birlamchi bug' kiritish orqali (tashqi bug' taqsimlash) [3].



**1-rasm.** Turbina quvvatining bug' sarfiga bog'liqlik grafigi.

Bug' turbinasining energetik karakterestikasi tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$D = a + N_e \operatorname{tg} \alpha \quad (1)$$

bu yerda:  $a$  - elektr quvvati  $N_e = 0$  bo'lgandagi turbinaga bug' sarfi;  $\operatorname{tg} \alpha$  - absissa o'qiga nisbatan burchak;  $OA = a = D_{sy}$  - turbina salt yurishidagi bug' sarfi

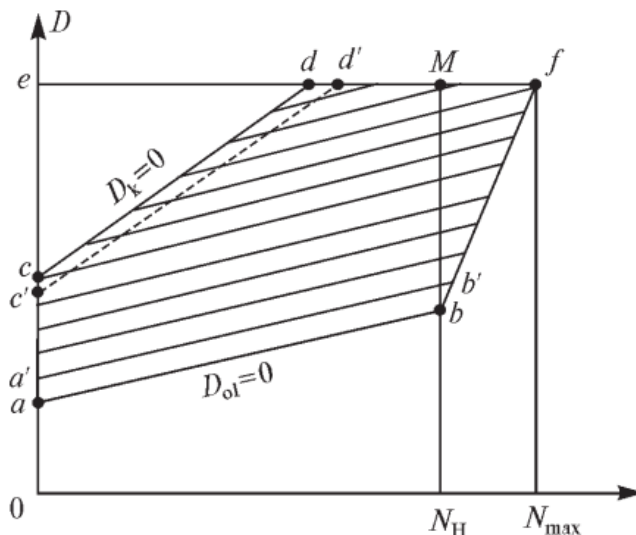
Turbina aylanishidagi haqiqiy bug' sarfi  $OA$  kesimdagiga nisbatan biroz katta bo'lib,  $OA$  kesimga teng. Turbina aylanishidagi bug' sarfining nominal quvvatdagi bug' sarfiga nisbati salt yurish koeffitsiyenti deyiladi [4-7].

Oldin kondensatsion rejim  $D_{o1} = 0$  uchun chiziq chiziladi. Keyin har xil miqdorda bug' olinadigan rejimlar uchun chiziladi [8,9].

Turbina ish holatlari diagrammasi uchun ikkita asosiy bog'liqlikni, ya'ni kondensatsion rejim va qarshi bosimli rejim uchun bog'liqliklarni qurib olish mumkin. Qarshi bosimda bug' kondensatordagi bosimgacha kengaymaganligi sababli bug' sarfi katta bo'ladi. Sababi

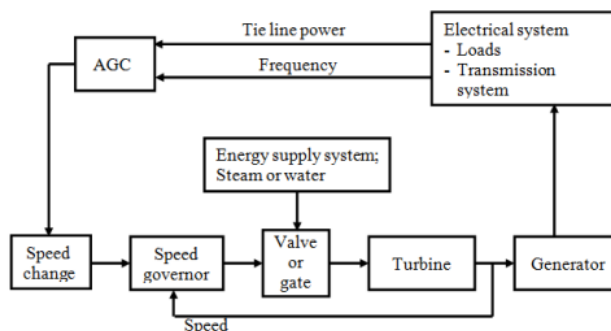
$$h_0 - h_{01} < h_0 - h_k$$

Bug' boshlang'ich parametrlarining oshishi ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasi tannarxini pasaytiradi, elektr stansiyasining umumiy narxini tushiradi. Lekin yuqori parametrlar faqat katta quvvatli turbinalar uchun maqsadga muvofiqdir. Kritik bosimdan yuqori bosimda ishlaydigan turbinalarda yuqori bosimli slindirning konstruksiyasi murakkablashadi, bu esa turbinaning tannarxini oshiradi [10-15].



**2-rasm.** Bir marta bug' olinadigan turbina ish holatlari diagrammasi

Iste'molchilarga yetkazib beriladigan elektr energiyasining asosiy manbalari suvning kinetik energiyasi va qazib olinadigan yoqilg'i va yadroviy parchalanishdan olingan issiqlik energiyasidir. Turbinalar bu energiya manbalarini mexanik energiyaga aylantiradi, bu esa o'z navbatida sinxron generator tomonidan elektr energiyasiga aylanadi.



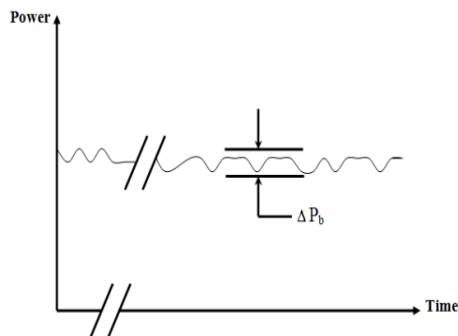
**3-rasm.** Elektr energiyasi ishlab chiqarish va boshqarish tizimining funksional blok diagrammasi.

Turbinani boshqarish tizimi quvvat va chastotani boshqarish vositasini ta'minlaydi, bu funksiya odatda yuklama quvvatini boshqarish yoki avtomatik ishlab chiqarishni boshqarish (AGC) deb ataladi. 3-rasmda energiya ishlab chiqarish va boshqarish bilan bog'liq asosiy elementlar o'rtasidagi funksional bog'liqliklar tasvirlangan [16,17].

Bug' turbinolari odatda ketma-ket joylashgan ikki yoki undan ortiq turbina qismlari yoki silindrlil juftliklardan iborat. Har bir turbina qismi rotorga birlashtirilgan harakatlanuvchi pichoqlar to'plamidan va statsionar lopatalar to'plamidan iborat. Bu bug'ning yuqori tezlikli kinetik energiyasi lopatalar tomonidan kuch momentiga aylanadi. Bir nechta silindrlil turbina tandem-birikma yoki o'zaro birikma bo'lishi mumkin. Tandem-birikma turbinada bo'limlarning barchasi bitta valda, bitta generator bilan bog'langan bo'ladi. Bundan farqli o'laroq, o'zaro bog'liq turbinalar har biri alohida generatorga ulangan va bir yoki bir nechta turbina qismlari tomonidan boshqariladigan ikkita valdan iborat bo'ladi, ammo, u bitta ish rejimiga ega yagona birlik sifatida ishlab chiqilgan va boshqariladi. O'zaro bog'lash turbinaning sig'imi va samaradorligini oshiradi, lekin katta harajatlarni talab qiladi.

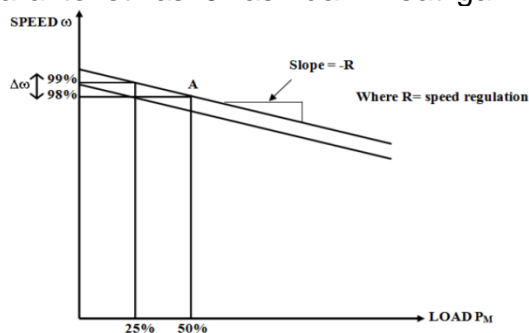
Asosiy harakatlantiruvchi boshqaruv tizimi haqiqiy quvvat va chastotani boshqarish vositasini ta'minlaydi. Elektr energiyasini ishlab chiqarish va boshqarish bilan bog'liq bo'lgan asosiy elementlar o'rtasidagi bog'liqlik 4-rasmda ko'rsatilgan. Turbinaning barqarorligi tezlikni/yukni boshqarish tizimining boshqaruv klapanlarini turbina tezligi yoki

quvvatining uzluksiz tebranishi uchun qanday joylashishiga bog'liq. Tezlik/yukni boshqarish tizimi tomonidan ishlab chiqarilgan mahsulot barqaror holatdagi yuk talabi ostida ishlayotganda yoki yangi barqaror holatdagi yuk talabiga o'zgargandan keyin belgilangan qiymatdan oshmaydi. Ushbu barqaror holatdagi yuk talabi nazorat zonasidagi qiymatlar oralig'ida ifodalanadi. Bu diapazon barqaror holatdagi yukni boshqarish zonasini  $\Delta P_b$  deb ataladi.



**4-rasm.** Stabil holatdagi yuklamani nazorat qilish diapazoni

Generatorning asosiy xarakteristikasi 5-rasmda ko'rsatilgan

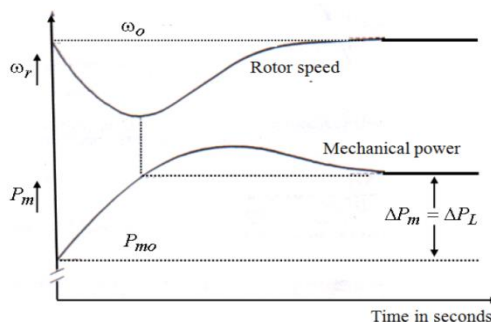


**5-rasm.** Generatorning harakterestikasi

5-rasmdan turbina tezligi va ma'lum bir sozlash uchun turbina tomonidan ko'tariladigan yuk o'rtasida aniq bog'liqlik mavjud. Yukning ortishi tezlikning pasayishiga olib keladi. 5-rasmda keltirilgan misol shuni ko'rsatadiki, agar dastlabki ish nuqtasi A da bo'lsa va yuk 25% ga tushirilsa, tezlik oshadi.

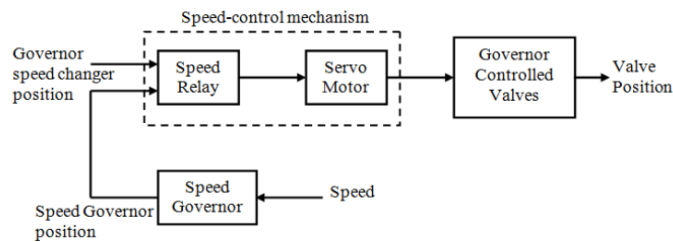
Tezlik pasayganda, turbinaning mexanik kuchi o'sa boshlaydi. Bu, o'z navbatida, tezligining pasayishiga, so'ngra turbina quvvati yuk kuchidan oshib ketganda tezlikning oshishiga olib keladi. Tezlik oxirida mos yozuvlar qiymatiga qaytadi va turbinaning barqaror holati qo'shimcha yukga teng miqdorda ortadi.

Qo'zg'alish tizimidan farqli o'laroq, boshqaruv tizimi turbinali mashinaning mexanik ishlashi sekin reaksiyasi tufayli nisbatan sekin javob berish tizimidir [18].



**6-rasm.** Izoxron generator bilan ishlab chiqaruvchi blokning grafigi.

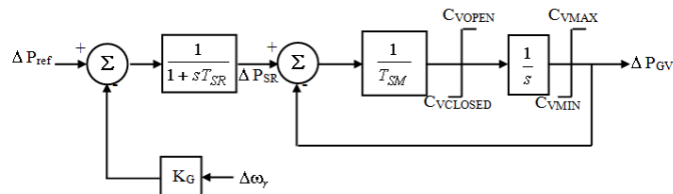
Oddiy mexanik-gidravlik tezlikni boshqarish tizimi tezlikni regulyator, tezlik rele, gidravlik servomotor va regulyator tomonidan boshqariladigan klapanlardan iborat bo'lib, ular funktsional jihatdan bog'liq.



7-rasm. Bug 'turbinalari uchun mexanik-gidravlik tezlikni boshqarish tizimi

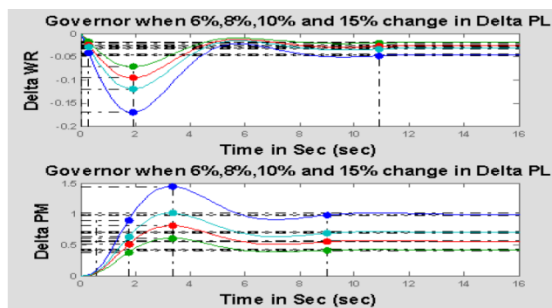
7-rasmdagi blok diagrammada taxminiy matematik model ko'rsatilgan. Tezlik regulyatori tezlikning chiziqli, bir lahzali ko'rsatkichi sifatida qabul qilinadigan va tartibga solish yoki pasayish o'zaro bo'lgan  $K_G$  ortishi bilan ifodalanadigan pozitsiyani ishlab chiqaradi. Signal  $\Delta P_{ref}$ , 4-rasmdagi regulyator tezligini o'zgartirgichdan olinadi va avtomatik ishlab chiqarishni boshqarish tizimi tomonidan aniqlanadi. U tezlikni ifodalaydi va barqarorlikni o'rganish oraliq'ida doimiy deb hisoblanadi [19-23].

Tezlik rele vaqt doimiysi  $T_{sr}$  to'g'ridan-to'g'ri qayta aloqa bilan integrator sifatida taqdim etiladi.



8-rasm. Tezlikni boshqarish tizimining matematik ko'rinishi

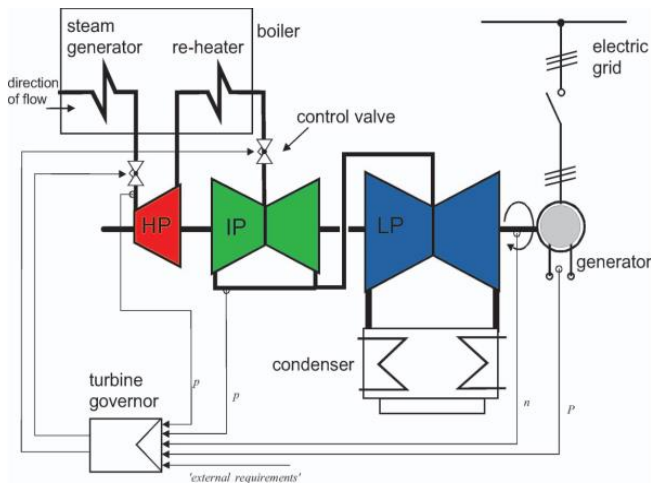
Servomotor vaqt o'zgarishi  $T_{SM}$  va to'g'ridan-to'g'ri qayta aloqaga ega integrator bilan ifodalanadi. Servomotor klapanlarni harakatga keltiradi va fizik jihatdan servomotor katta kuch hosil bo'ladi.



9-rasm.  $\Delta\omega_r$  va  $\Delta P_m$  yuklamaning 6%, 8%, 10% va 15% ga o'zgarishi

Bug' turbinasi Clausius-Rankine-Process mezonida quvvat ishlab chiqaradi, bug'ni yuqori harorat  $T_{kir}$  va yuqori bosimli  $P_{kir}$  past harorat  $T_{chiq}$  va past bosimgacha  $P_{chiq}$  kengaytiradi. Bu kengayish o'ziga xos entalpiyaning yo'qolishi bilan bog'liq.

$$P_{th} = \Delta h m. \quad (2)$$

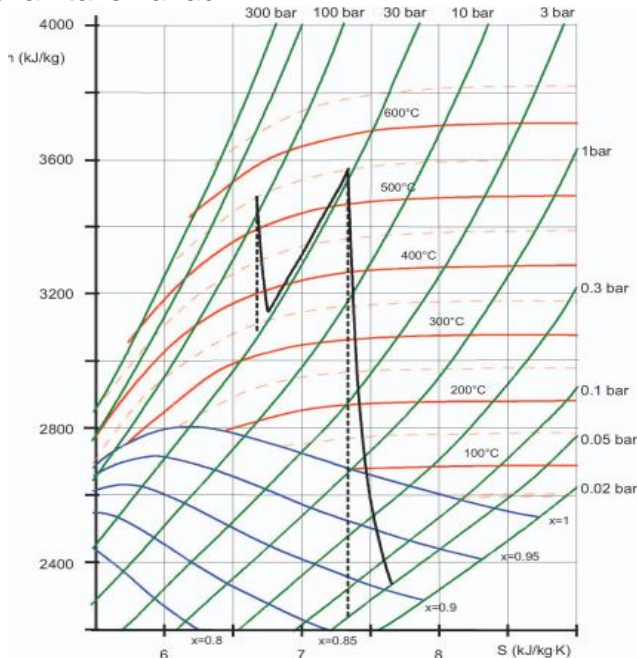


10-rasm. Bug' turbinali elektr stantsiyasining elementlarini - umumiy sozlash

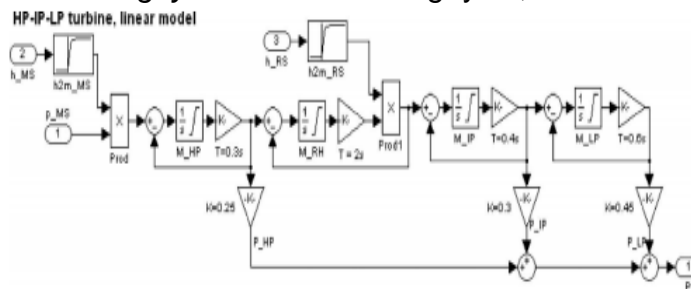
Haqiqiy kengayish politropik, ya'ni entropiyaning ortishi bilan:

$$P_{th} = \Delta h_{poly} m = \eta \Delta h_{is} m$$

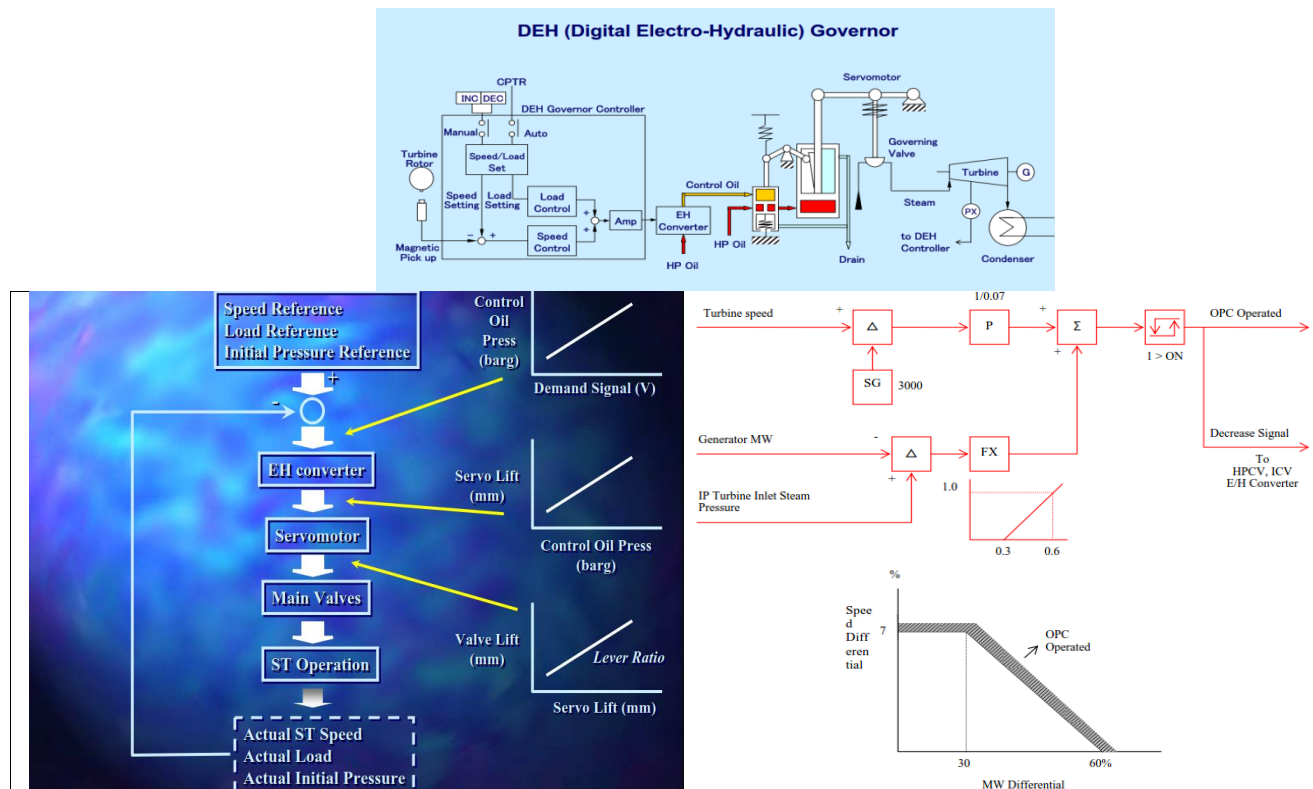
Shunday qilib, "haqiqiy" termodinamik quvvat chiqishi nazariy quvvatdan kamroq; pasayish samaradorlik  $Z$  bilan tavsiflanadi.



11-rasm. Bug' turbinasida kengayish: ---- ideal kengayish; \_\_\_\_\_ haqiqiy kengayish.



13-rasm. SIMULINK da HP-IP-LP turbinasi uchun chiziqli simulyatsiya modeli.



12-rasm. Boshqaruv klapanining blok sxemasi va mantiyiq bog'lanishi.

Oddiy modellashtirish yondashuvi mos ravishda harorat va issiqlik oqimining o'zgarishi bilan bog'liq hech qanday ta'sirni hisobga olmaydi. Turbinaning boshqaruv klapan ko'targichlari  $h_{MS}$  va  $h_{RS}$ , chiqish quvvati  $P$ .

(3) tenglamaga muvofiq omborni ommaviy saqlash g'oyasi saqlanib qoladi, bug' massasi oqimidagi chiziqlilikdan voz kechiladi. Buning o'rniga, bug' massasi oqimi termodinamik standart tavsifiga muvofiq modellashtiriladi.

$P_0$ ,  $v_0$  va  $m_0$  mos ravishda berilgan konstruktiv sharoitda bug'parametrlari va massa oqimini bildiradi. Ideal gaz xossalarini qabul qilib, loyiha sharoitida mutlaq harorat uchun  $T_0$  dan foydalanib, tenglama

$$\frac{pv}{T} = \frac{p_0v_0}{T_0} \quad (3)$$

Agar,  $T = T_0$

$$pv = p_0v_0 \quad (4)$$

Quvur segmenti orqali bug' massasi oqimi tasvirlash:

$$\dot{m} = \dot{m}_0 \sqrt{\frac{v_{0,b}|p_b - p_a|}{v_b(p_{0,b} - p_{0,a})}} \text{sign}(p_b - p_a) \quad (5)$$

(4) bilan (5) soddalashtirilganda

$$\dot{m} = \dot{m}_0 \sqrt{\frac{p_a|p_a - p_b|}{p_{0,a}(p_{0,a} - p_{0,b})}} \text{sign}(p_a - p_b) \quad (6)$$

$\pi_0 = \frac{p_{0,b}}{p_{0,a}}$  bo'lsa,

$$\varepsilon_{er} = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (7)$$



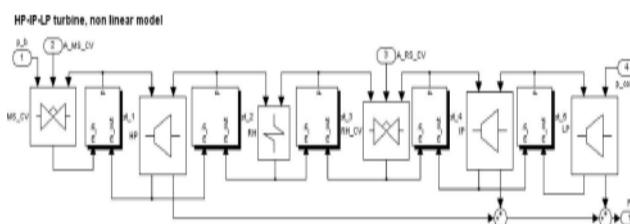
$$\dot{m} = \dot{m}_0 \frac{A}{A_0} \frac{\sqrt{\frac{2k}{2k-1} \frac{p_a}{v_a}}}{\sqrt{\frac{2k_0}{k_0-1} \frac{p_{0,a}}{v_{0,a}}}} \begin{cases} \sqrt{\frac{\left(\frac{p_b}{p_a}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_b}{p_a}\right)^{\frac{k+1}{k}}}{\pi_0^{\frac{2}{k_0}} - \pi_0^{\frac{k_0+1}{k_0}}}}, & \frac{p_b}{p_a} \geq \varepsilon_{er}, \frac{p_b}{p_a} < \varepsilon_{er} \\ \sqrt{\frac{\left(\frac{\varepsilon_{er}}{p_a}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{\varepsilon_{er}}{p_a}\right)^{\frac{k+1}{k}}}{\pi_0^{\frac{2}{k_0}} - \pi_0^{\frac{k_0+1}{k_0}}}} \end{cases} \quad (8)$$

Turbinaning bir qismi uchun bug' massasi oqimi quyidagicha ifodalanadi:

$$\dot{m} = \dot{m}_0 \sqrt{\frac{p_{0,a} v_{0,a} (p_a^2 - p_b^2)}{p_a v_a (p_{0,a}^2 - p_{0,b}^2)}}, \quad (9)$$

yoki

$$\dot{m} = \dot{m}_0 \sqrt{\frac{(p_a^2 - p_b^2)}{(p_{0,a}^2 - p_{0,b}^2)}} \quad (10)$$



**13-rasm.** SIMULINK da HP-IP-LP turbinasining chiziqli bo'lmagan simulyatsiya modeli.

$$\Delta h_s = \frac{k}{k-1} p_a v_a \left( 1 - \left( \frac{p_b}{p_a} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right) \quad (11)$$

$\eta \approx \eta_0, k \approx k_0$  bo'lsa:

$$\Delta h = \Delta h_0 \left( \frac{1 - \left( \frac{p_b}{p_a} \right)^{\frac{k_0-1}{k_0}}}{1 - \left( \frac{p_{0,b}}{p_{0,a}} \right)^{\frac{k_0-1}{k_0}}} \right) \quad (12)$$

olinadi. Shunday qilib (11) va (12) bilan quvvat chiqishi P sifatida olinadi

$$P = \dot{m} \Delta h = P_0 \sqrt{\frac{(p_a^2 - p_b^2)}{(p_{0,a}^2 - p_{0,b}^2)}} \frac{1 - \left( \frac{p_b}{p_a} \right)^{\frac{k_0-1}{k_0}}}{1 - \left( \frac{p_{0,b}}{p_{0,a}} \right)^{\frac{k_0-1}{k_0}}} \quad (12')$$

Yuqorida olingan tenglamalar yordamida HP-IP-LP turbinasi uchun chiziqli bo'lmagan simulyatsiya modeli 13-rasmda ko'rsatilgan holda bo'ladi, blok-sxema shaklida ishlab chiqildi.

## Xulosa

Mamlakatimizda bug' turbinasi orqali elektr energiyasini olish va issiqlik energiyasi uchun bug'dan foydalanish keng qo'llaniladi. Hozirgi kunda elektr energiyasini olish uchun kombinatsion siklli bug`-gaz qurilmalarini qurish jadallik bilan rivojlanmoqda. Bug` turbinasi optimal ishlashi uchun bug` harorati, bosimi va turbina ish rejimi belgilangan miqdorda bo'lishi lozim. Bug` turbinasining ish rejimlarini optimallashtirish ish jarayonini yanada havfsiz va barqaror ishlashiga imkon beradi. Ushbu maqolada keltirilgan fikrlar, xulosalar kombinatsion siklli bug`-gaz qurilmalarida bug` turbinasi orqali elektr energiyasini olish jarayonida bug` turbinasi ish rejimlarini optimallashtirilgan boshqaruvini tadqiq etish va ishlab chiqishni, ushbu jarayonni avtomatlashtirish masalalarini yechishda, zamonaviy avtomatika vositalarini amalda qo'llash orqali erishiladi. Ushbu maqolaning maqsadi kombinatsion siklli bug`-gaz qurilmalarida bug` turbinasi ish rejimlarini tekshirish va





maksimal unumdorlik va ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasi sifatini ta'minlovchi va avariyaaviy uzilishlar oldini oluvchi optimallashtgan tizim ishlab chiqishdan iborat.

### Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

- [1]. D.N Muhiddinov, E. K Matjanov "Issiqlik elektr stansiyalarining turbinali qurilmalari" Toshkent 2007
- [2]. Татарина Н.В., Эфрос Е.И., Суцких В.М. Результат расчёта на математических моделях переменных режимов работы теплофикационных паротурбинных установок в реальных условиях эксплуатации // Перспективы науки. – 2014. – №3. – С. 98-103.
- [3]. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 264с.
- [4]. Суворов Д.М Об упрощённых подходах при оценке энергетической эффективности теплофикации // Электрические станции. – 2013. – №2. – С. 2-10.
- [5]. Теплофикационные паровые турбины: повышение экономичности и надёжности / Симою Л.Л., Эфрос Е.И., Гуторов В.Ф., Лагун В.П. СПб.:Энерготех, 2001.
- [6]. Сахаров А.М. Тепловые испытания паровых турбин. – М. :Энергоатомиздат, 2010. – 238с.
- [7]. P.Kundur: power system stability and control, McGraw-Hill, Inc, 1994.
- [8]. Goran Andersson: Dynamics and Control of Electric Power Systems, ETH Zurich, March 2004.
- [9]. H. Saadat, Power System Analysis, McGraw-Hill Inc., 1999.
- [10]. Katsuhiko Ogata: System Dynamics; Prentice Hall International, Inc. Third Edition 2018.
- [11]. Katsuhiko Ogata: Modern Control Engineering; Prentice Hall International, Inc. Fourth Edition 2002.
- [12]. Richard C. Dorf and Robert H. Bishop: Modern Control Systems; Pearson Prentice Hall, 2005.
- [13]. IEEE Committee," Dynamics Models for Steam and Hydro Turbines in Power System Studies,, IEEE Trans. PAS., pp1904-1915, December 2013.
- [14]. Bok Eng Law: Simulation of the Transient Response of Synchronous Machines, the University of Queensland, October 2001.
- [15]. А.М. КЛЕР, А.С. МАКСИМОВ, Е.Л. СТЕПАНОВА Energetika tizimlari instituti, L.A.Melenteva, Irkutsk. Issiqlik fizikasi va aeromehanika, 2006, 13-tom, № 1
- [16]. G. Mathias, Zur Nachbildung anlagenseitiger Sto'rungen bei Dampfturbosa'tzen, BWK 43 (1991),pp. 403–416.2017
- [17]. A.W. Ordys, A.W. Pike, M.A. Johnson, R.M. Katebi, and M.J. Grimble, Modelling and Simulation of Power Generation Plants, Springer Lecture Notes, London, 2014.
- [18]. W. Teichmann, Angewandte Anlagenautomatisierung, VEB Verlag Technik, Berlin, 2013.
- [19]. Muminov R.O., Kuziev D.A., Zotov V.V., Sazankova E. S. Performability of electro-hydro-mechanical rotary head of drill rig in open pit mining: A case-study.
- [20]. Муминов Р.О., Райханова Г.Е., Кузиев Д.А. Повышение надежности и долговечности буровых станков за счет понижения динамических нагрузок // Уголь. – Москва, 2021. – №5. – С. 32-36 (Scopus Base, DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-32-36.).
- [21]. С.Б. Бойбутаев, Ё.Б. Кадиров, О.У. Саттаров // Разработка экспертной системы управления процессом измельчения и классификации на основе нейронных сетей // Современные материалы, техника и технологии, 9-16.



[22]. О.У. Саттаров // Исследование процесса получения азотно-фосфорных удобрений на основе плава аммиачной селитры и фосфоритов // Современные материалы, техника и технологии, 164-170.

[23]. N.R. Yusupbekov, D.P. Muxitdinov, O.U. Sattarov, S.B. Boybutaev // Construction of a neural network using an approach to a genetic algorithm // Int. J. Adv. Res. Sci. Eng. Technol 6 (6).