

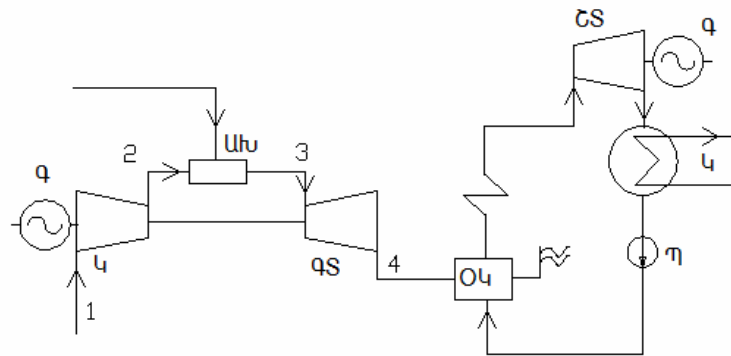
Ո.Զ. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ, Ռ.Ա. ՌԱՖԵԱՆ

ԳԱԶԱՏՈՒՐԲԻՆԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔԻ ԿՈՄՊՐԵՍՈՐ ՆԵՐԾՎՈՂ ՕԴԻ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ
ՇՈԳԵԳԱԶԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՎՐԱ

Դիտարկվել է շոգեգազային տեղակայանքի կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացման ազդեցությունը համակցված ցիկլով աշխատող գազատուրբինային և շոգետուրբինային տեղակայանքների աշխատանքի վրա: Տրվել է գազատուրբինային տեղակայանքի կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանից կախված դրա ելքում ճնշման գնահատման բանաձև: Տրվել է նաև գազատուրբինային տեղակայանքի կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանի փոփոխությունից կախված՝ համակցված ցիկլում աշխատող շոգետուրբինի հզորության գնահատման եղանակ:

Առանցքային բառեր. գազատուրբինային տեղակայանք, շոգեուժային տեղակայանք, համակցված ցիկլ, կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճան:

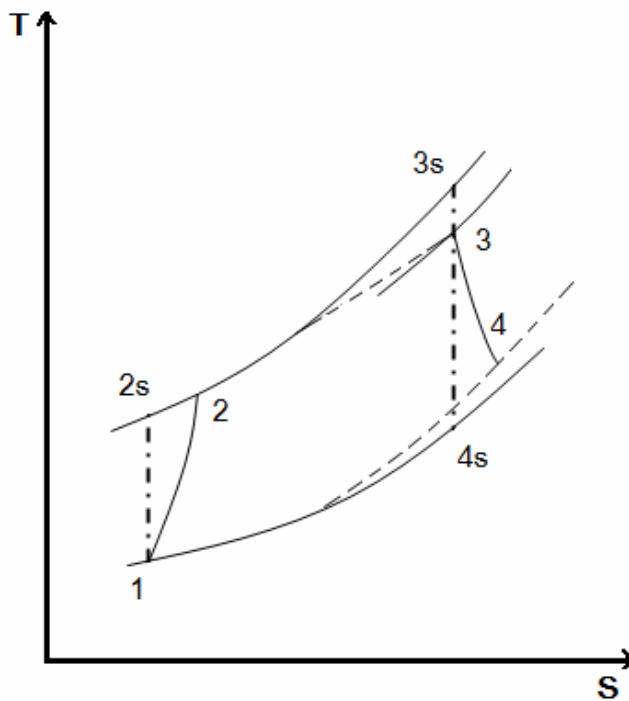
Ամենատարածված շոգեգազային տեղակայանքը (ՇԳՏ) օգտահանիչ կաթսայով տեղակայանքն է, որում գազատուրբինային տեղակայանքից (ԳՏՏ) հեռացող ծխազագերն ուղղվում են օգտահանիչ կաթսա, որտեղ նրանց ջերմության մեծ մասը հաղորդվում է շոգետուրբինային տեղակայանքի (ՇՏ) աշխատող մարմնին, և գեներացվում է գերտաք շոգի, որը մատուցվում է շոգետուրբին (նկ.1)[1]:



Նկ.1. Օգտահանիչ կաթսայով տիպային ՇԳՏ [1]

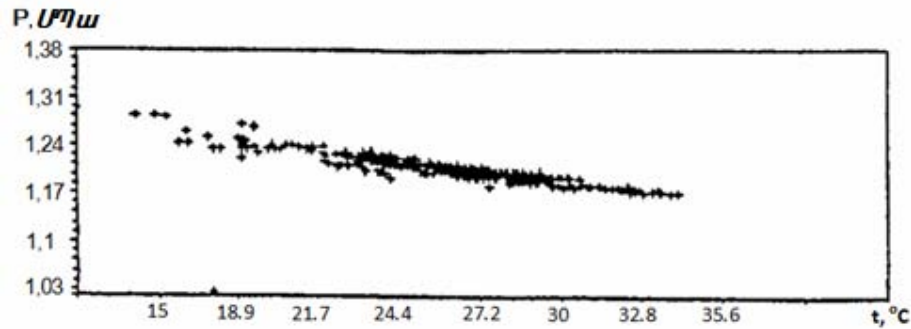
Պարզելու համար, թե ինչպիսի ազդեցություն է ունենում ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանը ՇԳՏ-ի աշխատանքի վրա, նախ դիտարկենք այդ ազդեցությունը ԳՏՏ ցիկլի վրա:

Գազատուրբինային տեղակայանքի (ԳՏՏ) իդեալական ցիկլը կազմված է կոմպրեսորում սեղմման իզոէնտրոպ պրոցեսից(1-2s), այրման խցում ջերմության հաղորդման իզոթար պրոցեսից(2s-3s), տուրբինում իզոէնտրոպ ընդարձակումից(3s-4s) և 4s-1 պայմանական պրոցեսը փակում է ցիկլը (նկ.2): Իրական ԳՏՏ-ում, պայմանավորված շփման և այլ անհակադարձելի կորուստներով, պրոցեսն ընթանում է էնտրոպիայի աճով և ունի 1-2-3-4 տեսքը (նկ.2) [2]:



Նկ.1. Պարզ ԳՏՏ-ի աշխատանքային ցիկլը T-s դիագրամի վրա

Երբ բարձրանում է կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանը, 1 կետը նույն իզոթարով տեղաշարժվում է դեպի աջ (1-1', նկ.3): Կոմպրեսորի ներքին հարաբերական ՕԳԳ-ի փոփոխությունը, կախված ներծծվող օդի ջերմաստիճանից, աննշան է և կարող է անտեսվել: Կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի կախվածությունը ներծծվող օդի ջերմաստիճանից գնահատելու համար դիտենք նկ.2-ում պատկերված միջին հզորության “GE Frame 7F” ԳՏՏ-ի կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանից կախված դրա էլքում ճնշման արժեքների դիագրամը:



Նկ.2. GT Frame 7F գազատուրբինի կոմպրեսորի ելքում ճնշման կախվածությունը դրսի օդի ջերմաստիճանից [3]

Քանի որ ԳՏՏ-ները նախագծվում են ներծծվող օդի 15°C ջերմաստիճանի համար, այդ ջերմաստիճանի դեպքում կոմպրեսորի ելքում օդի ճնշումը ունի իր անվանական արժեքը: Նկ.2-ում պատկերված դիագրամից վերցնելով ճնշման արժեքները և արտահայտելով դրանք տոկոսներով՝ 15°C ջերմաստիճանի դեպքում անվանական ճնշման նկատմամբ կունենանք աղյուսակում բերված տվյալները:

Աղյուսակ

GT Frame 7F գազատուրբինի կոմպրեսորի ելքում ճնշման կախվածությունը
կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանից

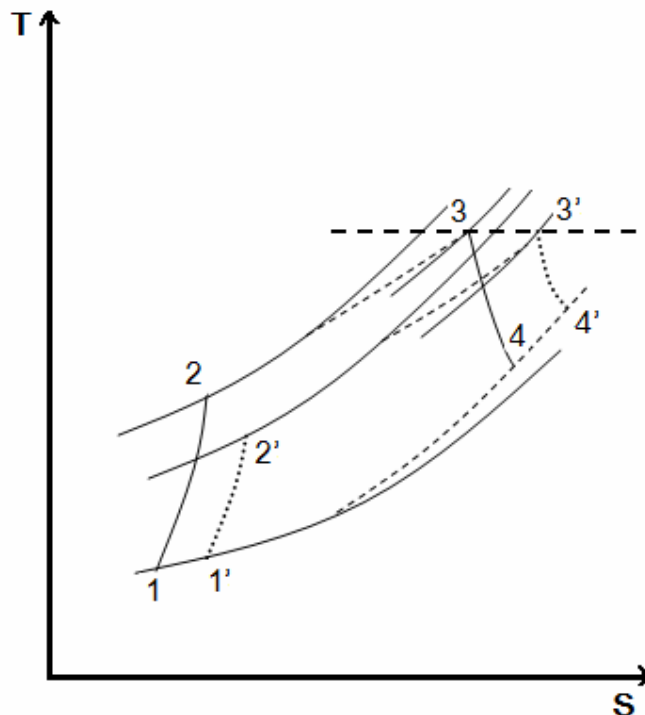
t, °C	P, %
15	100
18,9	99,2
21,7	96,5
24,4	95,5
27,2	93,9
30	92,8
32,8	91,7
35,6	90,1

Այդ տվյալների մոտարկման միջոցով ստանում ենք փորձնական բանաձև (1), որը բնութագրում է միջին հզորության գազատուրբինի կոմպրեսորի ելքային ճնշման փոփոխությունը ներծծվող օդի ջերմաստիճանի փոփոխման 15... 35,5 °C տիրույթում՝ արտահայտված %-ով անվանական ճնշման նկատմամբ:

$$P_{\%}=0,363t-6056,541/t^2+440,075/\ln(t): \quad (1)$$

Տուրբինի ներքին հարաբերական ՕԳԳ-ն պայմանավորված է գազային տուրբինի մուտքում ծխագազերի ջերմաստիճանով, որը ժամանակակից գազատուրբինային տեղակայանքներում բեռնվածքի՝ անվանականին մոտ տիրույթում մնում է հաստատուն, անկախ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի արժեքից:

Այսինքն՝ ներծծվող օդի 15°C-ից բարձր որևէ ջերմաստիճանի դեպքում ԳՏՏ աշխատանքային ցիկլը կունենա նկ.3-ում պատկերված 1'-2'-3'-4' տեսքը:



Նկ.3. ԳՏՏ-ի աշխատանքային ցիկլի փոփոխությունը դրսի օդի ջերմաստիճանի բարձրացման հետևանքով

ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման համակարգերի կիրառումը նպատակ ունի օդի բարձր ջերմաստիճանների դեպքում տեղակայանքի աշխատանքային պայմանները մոտեցնել ելակետային պայմաններին: Ջրային մշուշապատմամբ հովացման համակարգերը ԳՏՏ մատուցվող օդի հովացման ամենատարածված համակարգերն են [4]:

Հաշվի առնելով վերը նկարագրվածը՝ ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի մեթոդով կարելի է գնահատել ԳՏՏ հզորությունը կոմպրեսոր ներծծվող օդի բավարար

ջերմաստիճանային տիրություն, ինչպես նաև ջրային մշուշապատման համակարգի կիրառման հետևանքով վերականգնվող հզորության մեծությունը:

ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի առաջարկվող հաշվարկային ալգորիթմի միջոցով, մի շարք էներգետիկական ցուցանիշների շարքում հաշվարկվում է նաև տրված պայմանների դեպքում օդի խտությունը (ρ), $1/4$ վառելիքի այրման համար տեսականորեն անհրաժեշտ օդի զանգվածը (L_o), $1/4$ -ի հաշվով օդի ավելցուկային ծախսը ($g_{o_ավ}$), և ԳՏՏ-ի հզորությունը կոմպրեսորում $1/4$ օդի հաշվով ($N_{i_ոդ}$), որոնք կարևոր դեր են խաղում՝ ջերմաստիճանի փոփոխման ազդեցությունը շոգեուժային ցիկլի վրա գնահատելու համար: Երբ բարձրանում է ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանը, բարձրանում է նաև ԳՏՏ-ից հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանը, հետևաբար և՛ էնթալպիան: Սակայն քանի որ կոմպրեսորը հաստատուն ծավալային մեքենա է, և օդի ջերմաստիճանի մեծացումը հանգեցնում է դրա խտության փոքրացման, ուստի ԳՏՏ կոմպրեսորով զանգվածային ծախսը ներծծվող օդի ջերմաստիճանի աճին զուգընթաց նվազում է: Ուստի, օդի ջերմաստիճանի փոփոխության հետ կապված շոգեուժային տեղակայանքի հզորության փոփոխության գնահատման համար պետք է հաշվել ԳՏՏ-ից հեռացող ծխագազերի ջերմային էներգիայի փոփոխությունը:

Հեռացող ծխագազերի հետ տարվող ջերմության քանակությունը հավասար է հեռացող ծխագազերի էնթալպիայի և ծախսի արտադրյալին՝

$$Q = G_m \cdot h_{qSh}, \quad (2)$$

որտեղ h_{qSh} -ն ծխագազերի էնթալպիան է, G_m -ն հեռացող ծխագազերի ծախսն է $1/4$ -ով, որը յուրաքանչյուր տուրբինի համար հաշվարկվում է՝ ելնելով նրա անվանական հզորությունից և ելակետային պայմանների դեպքում հաշվարկից, որի արդյունքներից օգտվելով՝ հաշվարկվում է ԳՏՏ-ի կոմպրեսորում օդի զանգվածային ծախսը (G_{qm}) և, հաշվի առնելով օդի խտությունը այդ պայմաններում, որոշվում է ԳՏՏ կոմպրեսորի ծավալային ծախսը (G_{lv}), որը հաստատուն է տրված ԳՏՏ-ի համար՝

$$G_{qm} = N_{tl} / N_{i_ոդ}, \quad (3)$$

որտեղ N_{tl} -ը ելակետային պայմաններում ԳՏՏ-ի հզորությունն է:

$$G_{lv} = G_{qm} / \rho, \quad (4)$$

$$G_m = G_{lv} \cdot \rho + G_{lv} \cdot \rho / (g_{o_ավ} + L_o): \quad (5)$$

Ունենալով Q մեծությունը ելակետային պայմաններում և այդ դեպքում՝ ԾԳՏ-ի շոգետուրբինի հզորությունը, և հաշվարկելով դրսի օդի ցանկացած ջերմաստիճանի դեպքում Q մեծության արժեքը, և այն համեմատելով ելակետային պայմանների իր արժեքի հետ, կարելի է գնահատել շոգետուրբինի զարգացվելիք հզորությունը տվյալ ջերմաստիճանի դեպքում:

Եզրակացություն. Առաջարկվող եղանակը հնարավորություն է ընձեռում գնահատել ԳՏՏ-ի կոմպրեսորի ելքում ճնշումը ներծծվող օդի ջերմաստիճանի գործնական հաշվարկների համար կիրառելի փոփոխման տիրույթում: Ըստ այդմ, կարելի է գնահատել ԳՏՏ հզորությունն ու արդյունավետությունը դրա՝ կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացումից կախված: Առաջարկվում է բանաձև, որը կապ է հաստատում համակցված ցիկլով աշխատող ՇՏ-ի հզորության և ԳՏՏ-ից հեռացող ծխագազերի ջերմային էներգիայի միջև, և գնահատել ՇԳՏ էներգետիկական և արդյունավետության ցուցանիշների վրա կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման համակարգերի ազդեցությունը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Цанев С.В.** Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций.- М.:Изд-во МЭИ, 2002.-584с.
2. **Ղուկոյան Լ.Տ., Բուրուշյան Մ.Բ.** Ընդհանուր ջերմատեխնիկա երկրորդ մաս.- Երևան, 1978.
3. Durability surveillance of advanced gas turbines-Performance and mechanical baseline establishment for GE Frame 7F / **C.B. Meher-Homji, A.N. Lakshminarasimha, G. Mani et al** // ASME gas turbine and aeroengine congress.-Cincinnati, 1993.
4. **Ռաֆյան Ռ.Ա.** Գազատուրբինային տեղակայանք տրվող օդի հովացման համակարգեր//ՀՃԱԼ: Գիտ. հոդվ. ժողովածու.-2010.-Հ.7,№1.-էջ72-73:

ՀՊՀՀ(Պ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 03.05.2011.

В.З. МАРУХЯН, Р.А. РАФЯН

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА,
ПОСТУПАЮЩЕГО В КОМПРЕССОР ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ, НА
РАБОТУ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ**

Исследовано воздействие повышения температуры воздуха, поступающего в компрессор газотурбинной установки, на работу газотурбинной и паротурбинной установок, работающих в комбинированном цикле. Представлена формула, определяющая давление на выходе из компрессора в зависимости от температуры воздуха, поступающего в компрессор газотурбинной установки. Описан метод определения мощности паровой турбины, работающей в комбинированном цикле в зависимости от изменения температуры воздуха, поступающего в компрессор газотурбинной установки.

Ключевые слова: газотурбинная установка, парогазовая установка, комбинированный цикл, температура поступающего в компрессор воздуха.

V.Z. MARUKHYAN, R.A. RAFYAN

**THE INFLUENCE OF THE GAS TURBINE INTAKE AIR TEMPERATURE ON THE
COMBINED CYCLE OPERATION**

The influence of the gas turbine compressor intake air temperature on the gas turbine and steam turbine operation is observed. A formula determining the pressure at the exit of the gas turbine compressor depending on the intake air temperature is presented. A method of working in a combined cycle steam turbine power measurement depending on the variation of the intake air temperature of the gas turbine compressor is also presented.

Keywords: gas turbine, steam turbine, combined cycle, compressor intake air temperature.