

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОБОТИ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ

Любименко О. М., к.ф.-м.н., доцент, olena.lyubymenko@donntu.edu.ua;

Юсубова Л.Я. студент, leila.yusubova.mext@donntu.edu.ua;

Штепа О. А., к.т.н., доцент, olexandr.shtepa@donntu.edu.ua

*ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ,
Україна*

Газотурбінні установки (ГТУ) - генеруючі пристрої (електростанції), на базі газових турбін, яксоб'єднує в собі: електрогенератор, редуктор, газову турбіну і блок управління. Та включає додаткове обладнання: компресор, пристрій запуску, апарат теплового обміну.

ГТУ може працювати як на рідкому, так і на газоподібному паливі: в звичайному робочому режимі - на газі, а в резервному (аварійному) - автоматично перемикається на дизельне паливо. Оптимальним режимом роботи газотурбінної установки є комбіноване виробництво теплової та електричної енергії. ГТУ в енергетиці працюють як в базовому режимі, так і для покриття пікових навантажень.

Проведемо дослідження газотурбінної установки при постійному тиску 0,1 МПа та температурі 10°C, коли повітря, що знаходиться у компресор газотурбінної установки зі спаленням палива. Ступінь підвищення тиску в компресорі 7,0. У компресорі відбувається адіабатний стиск повітря. Температура газів перед турбіною $t_3=1073$ К. Витрата повітря через компресор $G = 42$ кг/с.

В результаті проведених досліджень треба визначити параметри ідеального циклу ГТУ; підведене і відведене тепло; термічний ККД ГТУ; роботу циклу; теоретичні потужності турбіни, компресора і всієї ГТУ; параметри всіх крапок дійсного циклу (з обліком необоротності процесів розширення і стиску в турбіні і компресорі), прийнявши внутрішній ККД турбіни $\eta_{oi}^k=0,79$ і компресора $\eta_{oi}^T=0,82$.

Для початку напишемо наші початкові дані.

Дано:

$c_p=1,004$ кДж/(кг·К); $P_1=0,1$ МПа; $c_v = 0,716$; $k = c_p/c_v=1,401$

де k – показник адіабати повітря

Визначаємо температури t_2, t_4 теоретичного циклу ГТУ.

Процес 1-2 – адіабатний стиск повітря у компресорі:

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = T_1 \cdot \beta^{\frac{k-1}{k}} \quad (1)$$

$$T_2 = 283 \cdot 7,0^{\frac{1,401-1}{1,401}} = 493,94 \text{ К}$$

При здійсненні циклу за двома адіабатами та двома ізобарами:

$$T_4 = \frac{T_1 \cdot T_3}{T_2} \quad (2)$$

$$T_4 = \frac{283 \cdot 1073}{493,4} = 614,77 \text{ K}$$

Теплота у циклі підводиться у ізобарному процесі 2-3:

$$q_1 = c_p(T_3 - T_2), \text{кДж/кг} \quad (3)$$

$$q_1 = 1,004(1073 - 493,94) = 581,4 \text{ кДж/кг}$$

Відвід теплоти у ГТУ здійснюється ізобарно у процесі 4-1:

$$q_2 = c_p(T_4 - T_1), \text{кДж/кг} \quad (4)$$

$$q_2 = 1,004(614,77 - 283) = 333,1 \text{ кДж/кг}$$

Робота циклу:

$$\ell_{\text{ц}} = q_1 - q_2, \text{кДж/кг} \quad (5)$$

$$\ell_{\text{ц}} = 581,4 - 333,1 = 248,3 \text{ кДж/кг}$$

Термічний ККД визначається тільки для теоретичного циклу:

$$\varepsilon_t = \frac{\ell_{\text{ц}}}{q_1} = 0,43 \quad (6)$$

$$\varepsilon_t = \frac{248,3}{581,4} = 0,43$$

Теоретичні потужності, кВт:

$$\text{— турбіни} \quad N_o^T = G(h_3 - h_4) = G \cdot c_p(t_3 - t_4); \quad (7)$$

$$\text{— компресора} \quad N_o^K = G(h_2 - h_1) = G \cdot c_p(t_2 - t_1); \quad (8)$$

$$\text{— ГТУ} \quad N_o^{\text{ГТУ}} = N_o^T - N_o^K. \quad (9)$$

$$N^T = 42 \cdot 1,004 \cdot (800 - 341,77) = 19322,6 \text{ кВт}$$

$$N_o^K = N^T = 42 \cdot 1,004 \cdot (220,94 - 10) = 8894,9 \text{ кВт}$$

$$N_o^{\text{ГТУ}} = 19322,6 - 8894,9 = 10427,7 \text{ кВт}$$

Проведемо розрахунок температур t_5 , t_6 дійсного циклу.

Температура t_5 повітря наприкінці незворотнього стиску на виході з компресора:

$$t_5 = \frac{t_2 - t_1}{\eta_{oi}^K} + t_1 \quad (10)$$

$$t_5 = \frac{220,94 - 10}{0,79} + 10 = 277,01^\circ\text{C}$$

Температура t_6 наприкінці незворотнього розширення на виході з турбіни:

$$t_6 = t_3 - \eta_{oi}^T \cdot (t_3 - t_4) \quad (11)$$

$$t_6 = 800 - 0,82 \cdot (800 - 341,77) = 424,25^\circ\text{C}$$

Внутрішній ККД ГТУ

$$\eta_{i}^{ГТУ} = \frac{(t_3 - t_6) - (t_5 - t_1)}{t_3 - t_5} \quad (12)$$

$$\eta_{i}^{ГТУ} = \frac{(800 - 424,25) - (277,01 - 1)}{800 - 277,01} = 0,207$$

Дійсна потужність, кВт:

$$- \text{турбіни } N_{ТД} = G(h_3 - h_6) = G \cdot c_p(t_3 - t_6) \text{ або } N_{ТД}^T = N_o^T \cdot \eta_{oi}^T; \quad (13)$$

$$- \text{компресора } N_{Д}^K = G(h_5 - h_1) = G \cdot c_p(t_5 - t_1) \text{ або } N_{Д}^K = N_o^K / \eta_{oi}^K; \quad (14)$$

$$- \text{ГТУ } N_{Д}^{ГТУ} = N_{ТД}^T - N_{Д}^K. \quad (15)$$

$$N_{ТД}^T = 19322,6 \cdot 0,82 = 15844,53 \text{ кВт}$$

$$N_{Д}^K = 8894,9 \cdot 0,79 = 7026,97 \text{ кВт}$$

$$N_{Д}^{ГТУ} = 15844,53 - 7026,97 = 8817,56 \text{ кВт}$$

Анотація

Представлено описання газотурбінної установки, що працює на рідкому та газоподібному паливі: в звичайному та резервному робочому. Оптимальним режимом роботи газотурбінної установки є комбіноване виробництво теплової та електричної енергії. Проведено дослідження режиму роботи газотурбінної установки при постійному тиску 0,1 МПа та температурі 10°C, коли повітря, що знаходиться у компресор газотурбінної установки зі спаленням палива.

Ключові слова: газотурбінна установка, тиск, температура, компресор.

Аннотация

Представлены описания газотурбинной установки, работающей на жидком и газообразном топливе: в обычном и резервном рабочем. Оптимальным режимом работы газотурбинной установки является комбинированное производство тепловой и электрической энергии. Проведено исследование режима работы газотурбинной установки при постоянном давлении 0,1 МПа и температуре 10 °C, когда воздух, находит в компрессор газотурбинной установки с сжиганием топлива.

Ключевые слова: газотурбинная установка, давление, температура, компрессор..

Abstract

The description of the gas turbine installation working on liquid and gaseous fuel is presented: in the usual and reserve working. The optimal mode of operation of a gas turbine unit is the combined production of heat and electricity. A study of the mode of operation of a gas turbine unit at a constant pressure of 0.1 MPa and a temperature of 10 °C, when the air entering the compressor of the gas turbine unit with fuel combustion.

Keywords gas turbine installation, pressure, temperature, compressor.