

Terengganu Advanced Technology Institute
SMJ 3403 Termodinamik II, Semester Jun 2003
Final Exam

Masa: **2 Jam 30 Minit**

Arahan: **Jawab mana-mana empat (4) soalan saja.**

Soalan 1

- a. Bagi sebuah pemampat satu peringkat, satu tindakan dengan isipadu kelegaan, kerja

tertunjuk, KT diberi oleh $KT = \frac{n}{n-1} mR(T_2 - T_1)$

Tunjukkan bahawa ia juga boleh ditulis sebagai

$$KT = \frac{n}{n-1} P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad \text{dengan } V_1 \text{ ialah isipadu aruhan}$$

- b. Sebuah pemampat udara satu peringkat, satu silinder, satu tindakan mempunyai gerak 250 mm dan lejang 400 mm. Kelajuan pemampat adalah 600 pusingan per minit. Isipadu kelegaan adalah 5% isipadu sapu dan indeks politropik adalah 1.3 untuk proses pemampatan dan pengembangan. Keadaan masuk udara adalah 0.95 bar dan 35 °C dan tekanan hantaran adalah 6 bar. Keadaan udara bebas adalah 1.013 bar dan 27 °C, sementara $R = 0.287 \text{ kJ/kg.K}$. Kirakan:
- Kecekapan isipadu
 - Hantaran udara bebas (m^3/min)
 - Kuasa tertunjuk (kW)
 - Kecekapan sesuhu

Soalan 2

- a) Dalam satu kitar piawaian udara Diesel, nisbah mampatan ialah 16, dan keadaan pada awal proses pemampatan seentropi ialah 0.1 MPa dan 15 °C. Haba dibekalkan sehingga suhu pada akhir pemanasan mencapai 1480 °C. Tentukan:
- Nisbah potongan
 - Haba yang dibekalkan [kJ/kg udara]
 - Kecekapan haba
 - tekanan berkesan purata tertunjuk [kPa]

Untuk udara,

$$c_p = 1.005 \text{ kJ/kg.K} \quad \text{dan} \quad \gamma = 1.4$$

- b) Sebuah enjin 2 lejang, 2 silinder mempunyai gerak 72 mm dan lejang 129 mm. Kuasa aci yang terhasil ialah 12.5 kW pada kelajuan 1600 rpm dan kecekapan mekanik pula adalah 0.84. Jika enjin ini menggunakan 3.66 kg bahanapi sejam (Nilai kalori 43000 kJ/kg), tentukan kecekapan terma brek.

Soalan 3

Sebuah loji turbin gas terdiri daripada dua peringkat pemampat dengan penyejukan-antara lengkap, satu peringkat turbin dan sebuah penukar haba. Udara memasuki pemampat pada 1 bar, 20 °C. Kedua-dua pemampat mempunyai nisbah tekanan yang sama. Suhu maksimum kitar dihadkan kepada 900 °C sementara nisbah tekanan keseluruhan kitar adalah 6. Penukar haba mempunyai nisbah haba 0.7. Kadar alir jisim udara adalah 210 kg/s sementara bahan api pula mempunyai nilai kalori sebanyak 40800 kJ/kg. Kecekapan seentropi turbin ialah 0.9.

Lakarkan rajah T-s kitar dan tentukan:

- i) Kecekapan haba kitar
- ii) Kadar penggunaan bahan api (kg/jam)
- iii) Kuasa keluaran bersih loji (kW) jika kecekapan mekanikal adalah 0.92

Ambil,

$$c_p = 1.005 \text{ kJ/kg.K dan } \gamma = 1.4 \text{ untuk udara}$$

$$c_p = 1.15 \text{ kJ/kg.K dan } \gamma = 1.333 \text{ untuk gas}$$

Soalan 4

Dalam sebuah kitar Rankine jana semula, stim memasuki turbin pada 30 bar, 400 °C. Sedikit stim dijujukan ke sebuah pemanas air-suapan terbuka yang bekerja pada 5 bar. Stim selebihnya meninggalkan turbin pada tekanan 0.1 bar. Kedua-dua peringkat turbin mempunyai kecekapan seentropi 0.9.

Lakarkan susunan komponen loji dan rajah T-s kitar, dan tentukan:

- i) Kecekapan haba kitar
- ii) Penggunaan stim tentu (kg/kW.jam)
- iii) Pertambahan kecekapan berbanding kitar yang sama tanpa penjanaan semula.

Soalan 5

Sebuah sistem penyejukan menggunakan R-134a beroperasi antara had tekanan 1.4 bar dan 10 bar. Sebuah kebuk kilat dipasang pada sistem dan beroperasi pada tekanan 5 bar. Wap tepu dari kebuk kilat dicampurkan dengan wap keluaran pemampat peringkat rendah sebelum dimampatkan di dalam sebuah pemampat peringkat tinggi.

Lakarkan susunan komponen kitar, rajah T-s kitar dan tentukan:

- i) Pekali prestasi penyejuk
- ii) Kadar alir jisim penyejuk dalam pemelawap jika keupayaan penyejukan 2 tan. (kg/s)
- iii) Kuasa pemampat yang diperlukan. (kW)
- iv) Jika beza suhu 10°C diperlukan untuk pemindahan haba antara sistem, sekitaran dan ruang sejuk, berapakah suhu sekitaran dan suhu ruang sejuk? ($^{\circ}\text{C}$)

$$1 \text{ tan penyejukan} = 211 \text{ kJ/min}$$

Soalan 6

- a. Sebuah turbin stim diletakkan di dalam sebuah bekas silinder bergaris pusat dalaman 2 m dan panjang 1 m yang diperbuat dari keluli setebal 12 mm. Suhu permukaan dalam silinder itu adalah 500°C . Pekali perolakan sebelah luar ialah $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ dan suhu atmosfera ialah 25°C . Pekali pengaliran haba keluli ialah 54 W/mK .
 - i. Berapakah suhu permukaan luar keluli [K]
 - ii. Jika silinder disaluti dengan penebat setebal 3 cm dengan nilai $k = 0.04 \text{ W/mK}$, adakah silinder selamat untuk disentuh? (mengikut piawaian keselamatan, suhu maksimum sentuhan ialah lebihkurang 75°C)
- b. Gas ekzos dari dandang dialirkan ke dalam sebuah penukar haba untuk memanaskan udara bagi tujuan pembakaran. Gas masuk pada suhu 1100 K dengan kadar 15 kg/s sementara udara masuk pada 300 K dan keluar pada 850 K dengan kadar alir 10 kg/s. Pekali pemindahan haba keseluruhan ialah $100 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ambil muatan haba tentu gas sebagai 1.15 kJ/kg.K dan untuk udara 1.005 kJ/kg.K .
 - i) Adakah penukar haba ini jenis aliran selari atau songsang?
 - ii) Jika setiap tiub mempunyai panjang 2 m dengan diameter 4 cm, berapakah bilangan tiub yang diperlukan?

English

Time: **2 hour 30 minutes**

Instruction: **Answer any four (4) questions.**

Question 1

- a. For a single action, single stage reciprocating compressor with some clearance

volume, the indicated power is given by $IP = \frac{n}{n-1} mR(T_2 - T_1)$

Show that it can also be written as

$$IP = \frac{n}{n-1} P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad \text{where } V_1 \text{ is the intake volume}$$

- b. A single cylinder, single stage, single action air compressor has a bore of 250 mm and stroke of 400 mm. The compressor speed is 600 rpm. The clearance volume is 5% of the swept volume while the polytropic index is 1.3 for both compression and expansion processes. The air inlet condition is 0.95 bar and 35 °C while the delivery pressure is 6 bar. Free air condition is 1.013 bar and 27 °C, while $R = 0.287 \text{ kJ/kg.K}$. Determine:

- Volumetric efficiency
- Free air delivery (m^3/min)
- Indicated power (kW)
- Isothermal efficiency

Question 2

- a) In an air standard Diesel cycle, the compression ratio is 16, and at the beginning of isentropic compression, the temperature is 15 °C and the pressure is 0.1 MPa. Heat is added until the temperature at the end of the constant pressure process is 1480 °C. Calculate:

- Cutoff ratio
- Heat supplied per kg of air [kJ/kg]
- Thermal efficiency
- Indicated mean effective pressure [kPa]

For air,

$$c_p = 1.005 \text{ kJ/kg.K} \quad \text{and} \quad \gamma = 1.4$$

- b) A two cylinder two stroke engine has a bore of 72 mm and a stroke of 129 mm. The shaft power developed is 12.5 kW at 1600 rpm and the mechanical efficiency is 84%. If the engine consumes 3.66 kg fuel per hour (calorific value 43000 kJ/kg), determine;

- Brake thermal efficiency

Question 3

A gas turbine power plant consists of a two stage compressor with complete intercooling, a single stage turbine and a regenerator. Air enters the compressor at 1 bar, 20 °C. Both compressors have the same pressure ratio. The maximum temperature of the cycle is limited to 900 °C and the overall pressure ratio is 6. The regenerator has a thermal ratio of 0.7. Mass flow rate of air is 210 kg/s while the fuel has a calorific value of 40800 kJ/kg. The turbine has an isentropic efficiency of 0.9.

Sketch the T-s diagram for the cycle and find:

- i. The cycle efficiency
- ii. The fuel consumption rate (kg/hr)
- iii. The net power output of the plant if the mechanical efficiency is 0.92 (kW)

Take,

$$c_p = 1.005 \text{ kJ/kg.K and } \gamma = 1.4 \text{ for air}$$

$$c_p = 1.15 \text{ kJ/kg.K and } \gamma = 1.333 \text{ for gas}$$

Question 4

Steam enters the high pressure turbine in a regenerative Rankine cycle at 30 bar, 400 °C. Some steam is bled into an open feedwater heater that operates at 5 bar and the rest of the steam exits the turbine at 0.1 bar. The turbines have an identical isentropic efficiency of 0.9.

Sketch the schematic arrangement of the plant, the T-s diagram and find

- i) Cycle thermal efficiency
- ii) Specific steam consumption (kg/kW.hr)
- iii) Increase of efficiency compared with the same cycle without regeneration.

Question 5

A refrigeration system that uses R-134a operates between the pressure limits of 1.4 bar and 10 bar. The system is fitted with a flash chamber that operates at 5 bar. Saturated vapor from the flash chamber is then mixed with the vapor from the low stage compressor before it is pumped in the high stage compressor.

Sketch the schematic arrangement of the components, the T-s diagram of the cycle and determine:

- i) Coefficient of performance
- ii) Mass flow rate of the refrigerant in the condenser if the cooling capacity is 2 tons (kg/s)
- iii) Compressor power that is needed (kW)
- iv) If a temperature difference of 10°C were needed to facilitate heat transfer between the system, surrounding and the cold space, what are the temperatures of the surrounding and the cold space? ($^{\circ}\text{C}$)

$$1 \text{ ton refrigeration} = 211 \text{ kJ/min}$$

Question 6

- a. A steam turbine is contained inside a cylindrical case with an inner diameter of 2 m and length of 1 m. The case is made of steel with a thickness of 12 mm. The inside surface temperature of the cylinder is 500°C . The convection coefficient on the outer surface is $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ and the atmospheric temperature is 25°C . Steel has a thermal conductivity of 54 W/mK
 - i. Find the outer surface temperature of the steel casing [K]
 - ii. If the cylindrical casing were covered with insulation of a thickness of 3 cm and a k of 0.04 W/mK , is it safe to touch? (According to standards, the maximum safe temperature for touching is about 75°C)
- b. Exhaust gas from a boiler is fed into a heat exchanger to heat air. Gas enters at 1100 K at a rate of 15 kg/s while air enters at 300 K and exits at 850 K at a rate of 10 kg/s . The overall heat transfer coefficient is $100 \text{ W/m}^2\text{K}$. Take the specific heat capacity of the exhaust gas as 1.15 kJ/kg.K and that of air as 1.005 kJ/kg.K .
 - i) Is this heat exchanger parallel or counterflow?
 - ii) If each tube has a length of 2 m and a diameter of 4 cm, how many tubes are needed in the heat exchanger?