



First Semester Examination
2019/2020 Academic Session

December 2019/January 2020

ESA381 – Spacecraft Subsystem Element
[Elemen Subsistem Kapal Angkasa]

Duration : 3 hours
(Masa : 3 jam)

Please check that this examination paper consists of **NINE (9)** pages of printed material, and **FOUR (4)** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** mukasurat yang bercetak dan **EMPAT (4)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini].*

Instructions : Answer **ALL** questions.

[Arahan : Jawab **SEMUA** soalan].

Student may answer the questions either in English or Bahasa Malaysia.

[Pelajar boleh menjawab soalan dalam Bahasa Inggeris atau Bahasa Malaysia].

Each questions must begin from a new page.

[Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru].

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai]

1. In September 2019, Hokkaido was hit by the 6.7 magnitude earthquake, injuring 785 people and damaging thousands of homes. According to the regional government, the number of buildings damaged in the earthquake total 31457 with 2215 homes destroyed or severely damaged. Satellite observations will improve earthquake monitoring as well as the search and rescue of earthquake victims. The satellite imagery gathered from earthquake provided new information, which improved the analysis of its impact.

(a). Propose sensors that are suitable to take the image of landslide and buildings damage after the earthquake. Explain the reason you choose those sensors.

(40 marks)

(b). For the purpose of minimizing observation intervals, this satellite need to have a body pointing function of $\pm 30^\circ$ in the roll axis. The requirement for attitude maneuvering is up to 2 minutes from the Earth pointing attitude to right- or left-looking, and the maneuvering from right- to left-looking (or from left- to right-looking) is up to 3 minutes. Due to this requirement, illustrate a concept of operation for the satellite on the attitude pointing and what is the sensor that is suitable to fulfill this requirement.

(40 marks)

(c). To ensure this earth observation satellite functions well under operational temperature, we need to install Multi-Layer Insulation (MLI) as a passive thermal subsystem for the satellite. Describe how the MLI protects the spacecraft from the external heat sources?

(20 marks)

2. (a). An average-sized spacecraft with 1 m² sun-tracking arrays orbiting in Low Earth Orbit (LEO). While analyzing the power system functions, it mainly involves the total energy input versus the electrical energy output. Based on your assumption of the power consumption for each subsystems, illustrate a possible power flow and distribution to all the subsystems of the spacecraft.

(30 marks)

- (b) By using the known equation, explain how the output of power density in photovoltaic cell in solar panel can be determined?

(20 marks)

- (c) Prior to thermal-vacuum-facility testing for an Earth-observation satellite, the engineers want to check their passive thermal design for the spacecraft. The structure is cubic shaped, 0.3 m on an edge, with solar panels on the four sides. The top and bottom square sections of the spacecraft are covered in Multi-Layer Insulation (MLI). The spacecraft bus requires 11.5 W of power to operate. During payload operations, an additional 20 W peak power is consumed.

Determine the equilibrium temperature for the spacecraft with full sunlight on one solar panel during

- (i). payload operation
(ii). eclipse (no payload operation during eclipse).

Given:

Transmittivity, τ : 0

Reflectivity, ρ : 0.05

Absorptivity, α : 0.95

Panel emissivity, ϵ : 0.85

MLI effective emissivity: 0.0

MLI effective absorptivity: 0.0

(50 marks)

3. (a). In a satellite communication system, radio frequencies of the electromagnetic spectrum is used to communicate between the satellite and the ground station.

(i). Define the electromagnetic spectrum

(ii). Explain the frequency, wavelength, frequency band and bandwidth.

(30 marks)

(b). A satellite ground station consists of Earth-based antennas, transmitters and receivers that communicate with the spacecraft. Draw a complete system block diagram for the transmitter and receiver of the ground station.

(30 marks)

(c). Data handling and communication subsystems for a satellite function together during operation. Explain, with an example, the process of measuring the temperature on the solar panel and transmitting the value to the interested ground controllers.

(40 marks)

4. (a). Resistojet is a type of electric propulsion system. Briefly describe its fundamental working principles.

(30 marks)

(b). Describe why and how specific impulse is used as a figure of merit to compare different propellants.

(30 marks)

- (c). Consider a two-stage rocket with given design characteristics. Calculate the final burnout velocity.

Given:

First stage:

Propellant mass: 7200 kg

Structural mass: 800 kg

Second stage:

Propellant mass: 5400 kg

Structural mass: 600 kg

Payload mass: 60 kg.

Specific impulse for both stages: 275 s.

(40 marks)

1. Pada September 2019, Hokkaido telah mengalami gempa bumi pada magnitud 6.7, seramai 785 orang cedera dan beribu-ribu rumah penduduk rosak. Berdasarkan kepada kerajaan tempatan, bilangan bangunan yang musnah ketika gempa bumi tersebut berjumlah 31457 dan rumah yang musnah adalah sebanyak 2215. Satelit pemantauan Bumi akan menambahbaik pemantauan gempa bumi di samping untuk cari dan selamat mangsa-mangsa gempa bumi. Imej gempa bumi yang dikumpulkan dari satelit memberikan banyak maklumat baru, yang mana akan menambahbaik analisis terhadap impak gempa bumi tersebut.

(a). Cadangkan penderia-penderia yang sesuai untuk mengambil imej tanah runtuh dan kerosakan bangunan selepas gempa bumi dan terangkan kenapa penderia-penderia tersebut dipilih.

(40 markah)

(b). Untuk memastikan halangan ketika pemantauan sangat sedikit, satelit tersebut perlu mempunyai fungsi badan pengarah sebanyak $\pm 30^\circ$ di paksi guling. Keperluan untuk mengendali pula adalah sehingga selama 2 minit daripada sikap pengarah ke Bumi kepada menghadap kanan atau kiri, dan kendalian daripada kanan ke kiri adalah selama 3 minit. Berdasarkan keperluan ini, cadangkan konsep idea untuk bagaimana satelit ini melakukan sikap pengarah dan apakah penderia yang sesuai untuk memenuhi keperluan ini.

(40 markah)

(c). Untuk memastikan satelit pemantauan Bumi berfungsi dengan baik di bawah suhu operasi, kita perlu memasang subsistem kawalan haba pada satelit. Terangkan samada satelit pemantauan Bumi menggunakan kawalan haba aktif atau pasif dan mengapa? Bagaimana subsistem kawalan haba yang digunakan pada satelit pemantauan Bumi melindungi kapal angkasa daripada punca haba luar?

(20 markah)

2. (a). Bayangkan kapal angkasa saiz sederhana dengan panel penjejak matahari sebesar 1 m^2 berada di orbit rendah Bumi. Ketika menganalisa fungsi sistem kuasa, ia banyak melibatkan jumlah tenaga melawan output tenaga elektrik. Gambarkan kemungkinan aliran kuasa dan agihan untuk kapal angkasa tersebut.

(30 markah)

- (b). Dengan menggunakan persamaan, terangkan bagaimana kita boleh menetapkan output ketumpatan kuasa untuk sel fotovoltaic di panel suria.

(20 markah)

- (c). Sebelum pengujian di fasiliti haba-vakum untuk satelit pemantauan Bumi, jurutera perlu memeriksa rekabentuk termal pasif pada kapal angkasa. Strukturnya berbentuk kubik, ukuran ke tepi 0.3 m , dengan panel suria di empat sisi. Bahagian atas dan bawah bahagian empat segi tersebut dilindungi oleh penebat berbilang lapisan (MLI), membekalkan keterpancaran efektif pada 0.0 dan keberserapan pada 0.0 (penebat sempurna). Bas kapal angkasa memerlukan kuasa sebanyak 11.5 W untuk beroperasi. Ketika operasi bebanbayar, sebanyak 20 W kuasa puncak sebagai tambahan diperlukan. Tentukan keseimbangan suhu untuk kapal angkasa dengan cahaya matahari penuh pada satu panel suria ketika bebanbayar sedang beroperasi dan ketika gerhana (ketika bebanbayar tidak beroperasi).

Diberi:

Keterusan, $\tau: 0$

Pembalikan, $\rho: 0.05$

Keberserapan, $\alpha: 0.95$

Keterpancaran panel, $\epsilon: 0.85$

Keterpancaran efektif MLI: 0.0

Keberserapan efektif MLI: 0.0

(50 markah)

3. (a). *Dalam sistem komunikasi satelit, frekuensi radio daripada spectrum elektromagnet digunakan untuk komunikasi antara stesen satelit dan bumi. Berikan maksud spektrum elektromagnetik dan terangkan perbezaan antara frekuensi, jarak gelombang, jalur frekuensi dan lebar jalur.*

(30 markah)

- (b). *Stesen bumi satelit terdiri daripada antena bumi, pemancar dan penerima yang berkomunikasi dengan kapal angkasa. Lukiskan gambarajah blok sistem pemancar dan penerima stesen bumi.*

(30 markah)

- (c). *Subsistem pengendalian data dan komunikasi untuk sesebuah satelit berfungsi bersama-sama dalam menjalankan operasinya. Terangkan beserta contoh, proses mengukur suhu pada panel solar dan penyediaan data untuk dihantar ke stesen bumi yang berkaitan.*

(40 markah)

4. (a). *Resistojet adalah sejenis sistem tujahan elektrik. Terangkan secara ringkas prinsip asas kerjanya.*

(30 markah)

- (b). *Terangkan kenapa dan bagaimana impuls spesifik digunakan sebagai angka merit untuk membandingkan bahan dorong yang berbeza.*

(30 markah)

- (c) *Timbangkan roket dua-tahap dengan karakter reka bentuk yang diberi.
Kira kelajuan akhir bakar habis.*

Diberi:

Tahap pertama:

Jisim bahan dorong: 7200 kg

Jisim struktur: 800 kg

Tahap kedua:

Jisim bahan dorong: 5400 kg

Jisim struktur: 600 kg.

Jisim bebanbayar: 60 kg

Impuls spesifik untuk kedua-dua tahap: 275 s.

(40 markah)

- 0000000 -