

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2005/2006
*Second Semester Examination
2005/2006 Academic Session*

April/Mei 2006
April/May 2006

ESA 365/3 – Kawalan Atitud Kapal Angkasa
Spacecraft Attitude Control

Masa : [3 jam]
Hour : [3 hours]

ARAHAN KEPADA CALON :
INSTRUCTION TO CANDIDATES:

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **TIGA BELAS (13)** mukasurat bercetak dan **SEPULUH (10)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.
*Please ensure that this paper contains **THIRTEEN (13)** printed pages and **TEN (10)** questions before you begin examination.*

Anda dikehendaki menjawab **LAPAN (8)** soalan.

Bahagian A mengandungi **ENAM (6)** soalan (soalan 1 - soalan 6). Jawab **EMPAT (4)** soalan.

Bahagian B mengandungi **EMPAT (4)** soalan (soalan 7 - soalan 10). Jawab **EMPAT (4)** soalan.

*Please answer **EIGHT (8)** questions.*

*Part A contains **SIX (6)** questions (1 - 6). Answer **FOUR (4)** questions.*

*Part B contains **FOUR (4)** questions (7 - 10). Answer **FOUR (4)** questions.*

Kertas soalan ini tidak dibenarkan dibawa keluar dari dewan peperiksaan
You are not allowed to take out the question paper from examination hall.

Soalan boleh dijawab dalam Bahasa Inggeris kecuali satu soalan mestilah dijawab dalam Bahasa Malaysia.

The question can be answered in English but one question must be answered in Bahasa Malaysia.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

Each questions must begin from a new page.

BAHAGIAN A/PART A

1. **Jawab hanya SATU dari soalan-soalan berikut**
Answer ONE of following questions

- (a) Terangkan komposisi dan fungsi kawalan ketinggian satelit. Juga nyatakan jenis sistem kawalan ketinggian satelit dan penggunaan kawasan pilihan yang sesuai.

Describe composition and functions of satellite attitude control, types of the attitude control systems and their preferential application areas.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Bincangkan redaman “libration” satelit menggunakan sistem kawalan ketinggian satelit dengan kestabilan graviti pasif.

Discuss the satellite libration damping by the attitude control system with passive gravitation stabilization.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Bincangkan momen aerodinamik yang bertindak pada satelit semasa di orbit dan penggunaannya untuk sistem kawalan ketinggian satelit.

Discuss aerodynamic moments acting on a satellite in the orbit flight and their use for the satellite passive attitude control.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Bincangkan ciri-ciri pergerakan sudut satelit di bawah pengaruh ‘tork graviti’.

Discuss properties of satellite angular motion under gravitational torque.

(20 markah/marks)

2. **Jawab hanya SATU dari soal-soal berikut**
Answer ONE of following questions

- (a) Bincangkan pemilihan sistem koordinat dan parameter ketinggian satelit untuk kegunaan kawalan ketinggian satelit.

Discuss selection of the coordinate systems and satellite attitude parameters to be used for the satellite attitude control.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Terbitkan sebutan vektor momen untuk daya graviti yang bertindak ke atas sebuah satelit.

Derive expressions of the moment vector of gravitation forces acting on a satellite.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Terangkan kedudukan keseimbangan pada pergerakan sudut sebuah satelit yang dipengaruhi oleh tork aerodinamik dan berikan syarat-syarat kestabilannya.

Describe equilibrium positions of the satellite angular motion under aerodynamic torque and provide conditions of their stability.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Terangkan kedudukan keseimbangan relatif untuk pergerakan sudut sebuah satelit di bawah pengaruh 'tork graviti' dan berikan syarat-syarat kestabilannya.

Describe the relative equilibrium positions of the satellite angular motion under gravitation torque and provide conditions of their stability.

(20 markah/marks)

3. **Jawab hanya SATU dari soal-an-soalan berikut**
Answer ONE of following questions

- (a) Bincangkan tork yang disebabkan oleh sinaran yang bertindak ke atas satelit bumi dan terangkan kedudukan keseimbangan pada pergerakan sudut sebuah satelit yang dipengaruhi oleh tork sinaran dan bincangkan penggunaannya untuk sistem kawalan ketinggian satelit pasif.

Discuss torque caused by radiation acting on the Earth satellite and describe equilibrium positions of the satellite angular motion under radiation torque. Discuss their use for the satellite passive attitude control.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Bincangkan tork yang disebabkan oleh medan magnet Bumi yang bertindak pada satelit semasa mengorbit dan penggunaannya untuk sistem kawalan ketinggian satelit.

Discuss torque caused by Earth's magnetic field acting on a satellite in the orbital flight and their use for the satellite attitude control.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Bincangkan persamaan pergerakan sebuah satelit yang mempunyai redaman mekanikal dan langkah-langkah terbitannya.

Discuss the motion equations for a satellite with included mechanical damper and steps of their derivation.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Nyatakan hukum kawalan am untuk sistem kawalan ketinggian magnet aktif dan prinsip-prinsip fungsi asasnya.

Describe general control law of active magnetic attitude control system and basic principle of its functioning.

(20 markah/marks)

4. **Jawab hanya SATU dari soal-an-soalan berikut**
Answer ONE of following questions

- (a) Bincangkan sistem kawalan ketinggian aktif yang menggunakan jet tujuhan orientasi. Bagaimanakah kedudukan jet tujuhan ini pada satelit tersebut.

Discuss active attitude control systems using the orientation jet thrusters. Provide consideration for location of these thrusters on the satellite.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Bincangkan persamaan pergerakan sudut satelit, dan hubungkan andaian- andaian untuk mempermudah analisa orientasi aktif satelit.

Discuss the satellite equations of angular motion and related assumptions for simplified analysis of the satellite active orientation.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Bincangkan mod henti ketinggian ASC dan beri penilaian penggunaan bahan dorongan satelit yang berkaitan.

Describe the ASC attitude-hold mode and evaluate the related satellite propellant expenditure.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Berikan analisa ayunan ketinggian sebuah satelit yang mempunyai redaman untuk pergerakan bebas tork. Bincangkan pemilihan parameter redaman.

Provide analysis of attitude oscillation of the satellite with damper in torque-free motion. Discuss selection of the damper parameters.

(20 markah/marks)

5. **Jawab hanya SATU dari soal-soal berikut**
Answer ONE of following questions

- (a) Terangkan kawalan ketinggian satelit yang diganggu oleh tork yang malar. Bincangkan penggunaan bahan dorong yang berkaitan dan bandingkan ia dengan kawalan henti ketinggian tanpa gangguan.

Describe the satellite attitude control under (constant) disturbance torque. Discuss relevant propellant expenditure and compare it with the one for attitude-hold without disturbances.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Bincangkan penggunaan tujuh beragam oleh penunjuk orientasi dengan tujahan yang searas.

Discuss implementation of the variable thrust by the orientation thrusters with constant level of thrusting.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Bincangkan dan analisa nyah-beban pada alat penukar momen untuk kawalan ketinggian satelit.

Discuss and analyze unloading of the moment exchange devices for the satellite attitude control.

(20 markah/marks)

6. **Jawab hanya SATU dari soal-an-soalan berikut**
Answer ONE of following questions

- (a) Bincangkan kawalan pemejaman dan nyah-pejam sebuah satelit dengan penjuah orientasi dan bentangkan penggunaan bahan dorong yang berkaitan.

Discuss the satellite spin/de-spin control with the orientation thrusters and present the related propellant expenditure.

ATAU/OR

- (b) Bincangkan mod henti ketinggian ASC untuk satelit dengan penjuah orientasi yang stabil statik dan yang tidak stabil serta bandingkan penggunaan bahan dorongan yang berkaitan.

Describe the ACS attitude-hold mode with the orientation thrusters for the stable and unstable satellite positions and compare the related propellant expenditure.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Terangkan kawalan logik ASC dan pergerakan satelit yang berkaitan ketika fasa peralihan orientasi awal sebuah satelit.

Describe the ACS control logic and related satellite motion on the initial (transitional) phases of the satellite orientation.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Bincangkan orientasi ketinggian satelit dan kestabilan dengan peralatan penukaran momen.

Describe the satellite attitude orientation and stabilization with the moment exchange devices.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (e) Bincangkan persamaan pergerakan sebuah satelit yang disertakan jisim berputar dan langkah-langkah penerbitannya.

Discuss the motion equations for a satellite with attached rotating masses and steps of their derivation.

(20 markah/marks)

BAHAGIAN B/PART B**7. Jawab hanya SATU dari soalan-soalan berikut***Answer ONE of following questions*

- (a) Kirakan masa 'libration' satelit pada orbit bulat ketinggian 800km. Momen prinsipal inertia adalah $I_z = 30N \cdot m \cdot s^2, I_x = I_y = 50N \cdot m \cdot s^2$

Find the period of satellite librations on the circular orbit of 800km altitude. The satellite principal inertia moments are

$$I_z = 30N \cdot m \cdot s^2, I_x = I_y = 50N \cdot m \cdot s^2$$

(5 markah/marks)**ATAU/OR**

- (b) Kirakan seretan aerodinamik dan tork maksimum aerodinamik yang bertindak pada satelit bulat berdiameter 1.6m yang mengelilingi Bumi pada ketinggian 800km, $\rho = (2/3)10^{-17}g/sm^3$. Pusat jisim satelit dialih secara relatif 10 sm dari kedudukan pusat geometrik satelit.

Find the aerodynamic drag and maximum aerodynamic torque acting on the spherical satellite of 1.6m diameter circling around Earth at 800km altitude, where the atmospheric density $\rho = (2/3)10^{-17}g/cm^3$. The satellite mass center is shifted wrt the satellite geometrical center at 10cm.

(5 markah/marks)**ATAU/OR**

- (c) Kirakan tekanan seretan suria dan tork maksimum yang bertindak pada satelit GEO bulat berdiameter 2m, jika tekanan suria $p = 4.5 \cdot 10^{-17}g/sm^3$. Pusat jisim satelit dialih 10sm dari kedudukan pusat geometrik satelit.

Find the solar pressure drag and maximum torque acting on the GEO satellite of spherical form and 2m diameter, if the solar pressure $p = 4.5 \cdot 10^{-17}g/cm^3$. The satellite mass center is shifted wrt the satellite geometrical center at 10 cm.

(5 markah/marks)

8. Jawab hanya **SATU** dari soal-an-soalan berikut

Answer **ONE** of following questions

- (a) Kirakan nilai maksimum tork graviti yang bertindak pada sebuah satelit dalam kedudukan orbit bulat ketinggian 800km. Momen prinsipal inersia adalah

$$I_z = 30N \cdot m \cdot s^2, I_x = I_y = 50N \cdot m \cdot s^2$$

Find maximum value of the gravitational torque acting in the satellite on the circular orbit of 800 km altitude. The satellite principal inertia moments are.

$$I_z = 30N \cdot m \cdot s^2, I_x = I_y = 50N \cdot m \cdot s^2$$

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Kirakan kedudukan keseimbangan sebuah satelit yang mempunyai dua jirim berjisim m yang dihubungi oleh sebuah palang, apabila garisan daya graviti yang bertindak pada satelit seperti mana yang ditunjukkan di bawah. Kedudukan keseimbangan yang bagaimanakah yang stabil?

Find equilibrium positions for the plane motion of the satellite consisting of two weights of mass m each connected by a rod, when the lines of gravitational forces acting on the satellite masses are shown on the figure below. Which of these equilibrium positions is stable?

(5 markah/marks)

9. Jawab hanya **SATU** dari soalan-soalan berikut

Answer **ONE** of following questions

- (a) Kirakan masa ayunan henti ketinggian sebuah satelit apabila kepersisan mod henti ketinggian ialah 2° untuk ketinggian dan $0.04^\circ/\text{min}$ untuk penukaran ketinggian jika tork gangguan tidak wujud. Momen inersia pada paksi satelit yang dikehendaki ialah $J = 300\text{kg}\cdot\text{m}^2$, denyutan tetentu penujahan ialah $I_s = 200\text{s}$ dan kadar aliran bahan dorong ialah $\dot{m}_f = 0.6\text{ gram/sec}$. Lengan penujah ialah 0.5 m .

Find the period of the satellite attitude-hold oscillations when the accuracy of attitude-hold mode is 2° for attitude and $0.04^\circ/\text{min}$ for attitude change in absence of disturbing torque. The inertia moment of the considered satellite axis $J = 300\text{kg}\cdot\text{m}^2$, the relevant thruster specific impulse $I_s = 200\text{s}$ and propellant flow rate $\dot{m}_f = 0.6\text{ gram/sec}$. Thruster's arm is 0.5 m .

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Kirakan penggunaan bahan dorong untuk satu kitaran sebuah satelit ayunan henti ketinggian apabila kepersisan mod henti ketinggian ialah 3° untuk ketinggian dan $0.03^\circ/\text{min}$ untuk penukaran ketinggian jika tork gangguan tidak wujud. Momen inersia pada paksi satelit dikehendaki ialah $J = 4000\text{kg}\cdot\text{m}^2$, denyutan tetentu penujah ialah $I_s = 200\text{s}$ dan kadar aliran bahan dorong ialah $\dot{m}_f = 0.5\text{gram/sec}$. Lengan penujah ialah 0.6 m .

Find the propellant expenditure for one cycle of the satellite attitude-hold oscillations when the accuracy of attitude-hold mode is 3° for attitude and $0.03^\circ/\text{min}$ for attitude change in absence of disturbing torque. The inertia moment of the considered satellite axis $J = 4000\text{kg}\cdot\text{m}^2$, the relevant thruster specific impulse $I_s = 200\text{s}$ and propellant flow rate $\dot{m}_f = 0.5\text{gram/sec}$. Thruster's arm is 0.6m .

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Kirakan penggunaan bahan dorong untuk nyah-pejam sebuah satelit disebalik paksi prinsipal, jika halaju sudut pejaman ialah $4^\circ/\text{s}$. Momen inersia pada paksi satelit yang dikehendaki ialah $J = 4200 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, denyutan tertentu penujah ialah $I_s = 200\text{s}$ dan kadar aliran bahan dorong ialah $\dot{m}_f = 0.6\text{gram}/\text{sec}$. Lengan penujah ialah 0.6 m .

Find the propellant expenditure to de-spin the satellite rotation about one of its principal axes of inertia, if the angular velocity of spinning was $4^\circ/\text{s}$. The inertia moment of the considered satellite axis $J = 4000 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, the relevant thruster specific impulse $I_s = 200\text{s}$ and propellant flow rate $\dot{m}_f = 0.6\text{gram}/\text{sec}$. Thruster's arm is 0.6m .

(5 markah/marks)

10. Jawab hanya **SATU** dari soal-an-soalan berikut

Answer **ONE** of following questions

- (a) Kirakan tork magnet maksimum yang bertindak pada sebuah satelit yang mengelilingi Bumi pada ketinggian 800km orbit polar. Momen magnet satelit $m = 12^{-2}T$. Kekuatan dua kutub Bumi $\mu_m = 10^{17} N \cdot m^4 \cdot T^{-1}$.

Find the maximum magnetic torque acting on a satellite circling around Earth at 800km altitude polar orbit. Satellite magnetic moment $m = 12^{-2}T$. The Earth dipole strength $\mu_m = 10^{17} N \cdot m^4 \cdot T^{-1}$.

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Berapakah jarak yang sesuai antara jet tujahan orientasi 4N-tujuh 2s-denyutan untuk mendapat tujahan berkesan $T_{ef} = 1N$.

What should be the spacing between the 4N-thrust 2s-impulses of the orientation jet thruster in order to get the 1N effective thrust T_{ef} ?

(5 markah/marks)

ooo000ooo