ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ

ಶ್ರೀಮತಿ ಸೌಭಾಗ್ಯ

ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಸಮೂಹ, ಯು.ಆರ್.ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ ಬೆಂಗಳೂರು

(ಮಿಂಚಂಚೆ:italsow@ursc.gov.in)

1. ಪ್ರಸ್ತಾವನೆ:

ನಾವಿಕನಿಲ್ಲದ ದೋಣಿ ಹೇಗೋ ಹಾಗೆ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಲ್ಲದ ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳು, ತಮ್ಮ ಉದ್ದೇಶಿತ ಗಮ್ಯವನ್ನು ಸೇರಲಾರವು. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವು ಭೂಮಿ ಅಥವಾ ಇನ್ನಾವುದೇ ಆಕಾಶಕಾಯವನ್ನು ಪರಿಭ್ರಮಿಸಬೇಕಾದರೆ ನಾವು ಅದರ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವುದು ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ಇಲ್ಲದೇ ಹೋದಲ್ಲಿ ಅದು ತನ್ನ ಉದ್ದೇಶಿತ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿರದೇ ಇನ್ನೆಲ್ಲೋ ಅಲೆದಾಡೀತು ಇಲ್ಲವೇ ಭೂಮಿಯತ್ತ ಮರಳಿ ಆಕಾಶದಲ್ಲೇ ಸುಟ್ಟು ಭಸ್ಮವಾಗಬಹುದು.

ಮೊದಲಿಗೆ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ಏಕೆ ಬೇಕು ಎಂದು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

2. ನಿಯಂತ್ರಣದ ಅಗತ್ಯತೆ

2.1 ದಿಕ್ಕು ನಿಯಂತ್ರಣದ ಅಗತ್ಯತೆ:

ಅನೇಕ ಕಾರಣಗಳಿಗಾಗಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳ ದಿಕ್ಕನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳನ್ನು ಈ ಕೆಳಗಿನ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆ : ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳು ಶಕ್ತಿಗಾಗಿ ಸೌರ ಫಲಕಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ. ನಿಲ್ದಾಣಕ್ಕೆ ಅಗತ್ಯವಿರುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಈ ಫಲಕಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ಸೂರ್ಯನ ಕಡೆಗೆ ಮುಖ ಮಾಡಿರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ಸೌರ ಫಲಕಗಳು ಸೂರ್ಯನನ್ನು ನೋಡುತ್ತಿರುವಂತೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ದಿಕ್ಕನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವುದು ಅಗತ್ಯ.

ಭೂ ಕೇಂದ್ರದೊಡನೆ ಸಂಪರ್ಕ: ಭೂ ನಿಯಂತ್ರಣ ಕೇಂದ್ರದೊಡನೆ ಸಂವಹನವನ್ನು ನಡೆಸಲು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ಆಂಟೆನಾಗಳೊಂದಿಗೆ ನೇರ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಸಾಧಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳಿಂದ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಭೂಮಿಗೆ ರವಾನಿಸಲು ಹಾಗೆಯೇ ಭೂಕೇಂದ್ರಗಳಿಂದ ಆಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ರವಾನಿಸಲು ದಿಕ್ಕು ನಿಯಂತ್ರಣ ಅತ್ಯಗತ್ಯ.

ಇತರ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಜೋಡಣೆ: ಸಾಮಾನು ಸರಬರಾಜು ಕೋಶಗಳು, ಅಂತರಿಕ್ಷ ಯಾನಿಗಳನ್ನು ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವ ಕೋಶಗಳನ್ನು ನಿಲ್ದಾಣದೊಂದಿಗೆ ಜೋಡಣೆ ಮಾಡಲು, ನಿಖರವಾದ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವು ಅತಿ ಅವಶ್ಯಕ. ಇಲ್ಲದೇ ಹೋದಲ್ಲಿ ಅಪಘಾತಗಳು ಸಂಭವಿಸಬಹುದು ಅಥವಾ ಜೋಡಣೆ ವಿಫಲವಾಗಬಹುದು.

ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳು: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಿರ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದ ಅಗತ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲದೇ ಹೋದಲ್ಲಿ ಅದು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಮಾರ್ಪಾಡುಗೊಳಿಸಿ ಫಲಿತಾಂಶದ ಮೇಲೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಅದು ಅವುಗಳ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನುಂಟು ಮಾಡಬಹುದು.

ನಿಲ್ದಾಣದ ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳ ಸುರಕ್ಷತೆ ಮತ್ತು ಸೌಕರ್ಯ: ಒಂದು ಸ್ಥಿರ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವು ಗಗನಯಾನಿಗಳಿಗೆ ಅನುಕೂಲ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಒದಗಿಸಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ, ಅನಗತ್ಯ ಚಲನೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಅದು ಅವರ ಕಾರ್ಯಸ್ಥಳಗಳು, ವಾಸಿಸುವ ಜಾಗಗಳು ಮತ್ತು ವ್ಯಾಯಾಮ ಉಪಕರಣಗಳು ನಿರೀಕ್ಷೆಯಂತೆ ಕೆಲಸ ನಿರ್ವಹಿಸಲು ಪೂರಕ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸುತ್ತದೆ.

ಈ ಎಲ್ಲಾ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳಲ್ಲಿ ದಿಕ್ಕು ನಿಯಂತ್ರಣ ಅತ್ಯಗತ್ಯ.

2.2 ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣದ ಅಗತ್ಯತೆ:

ಅನೇಕ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಅದನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸದೇ ಹೋದಲ್ಲಿ ಅದು ನಿಯಂತ್ರಣವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡು ಭೂಮಿಗೆ ಮರಳಬಹುದು. ಇದಲ್ಲದೇ ಇನ್ನೂ ಹಲವಾರು ಕಾರಣಗಳಿಗಾಗಿ ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ಮುಖ್ಯವಾಗಿದೆ. ಅವು ಏನೆಂದು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

ವಾಯುಮಂಡಲದ ಎಳೆತ: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣವು ಭೂಮಿಯಿಂದ ಸುಮಾರು 400 ಕೀ.ಮೀ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ವಾತಾವರಣದ ಸೆಳೆತವಿರುತ್ತದೆ. ಅದು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣವನ್ನು ಭೂಮಿಯತ್ತ ಸೆಳೆಯುತ್ತದೆ. ಸರಿಪಡಿಸದೇ ಹೋದಲ್ಲಿ ಅದು ಭೂಮಿಗೆ ಬಂದು ಅಪ್ಪಳಿಸಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ಅತ್ಯಗತ್ಯ.

ಘರ್ಷಣೆಯ ತಪ್ಪಿಸುವಿಕೆ: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳು ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಅವಶೇಷಗಳು ಅಥವಾ ಇತರ ಉಪಗ್ರಹಗಳೊಂದಿಗೆ ಘರ್ಷಣೆಯ ಸಂಭವನೀಯತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಅಪಾಯವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಲು ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಅಗತ್ಯ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಕಕ್ಷೆಯ ನಿಯಂತ್ರಣವು ಸಂಭಾವ್ಯ ಘರ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿ ಅದರ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಸಿಬ್ಬಂದಿಯ ಸುರಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಖಾತ್ರಿಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ.

ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಅಗತ್ಯ ಕಕ್ಷೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದು: ಕೆಲ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ಕಕ್ಷೆಯು ದೀರ್ಘಾವಧಿಯರೆಗೆ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ ಬದಲಾಗುತ್ತಿರುವ ಕಕ್ಷೆಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಅಥವಾ ಎತ್ತರದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿತವಾಗಿರುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಬೀರುತ್ತವೆ.

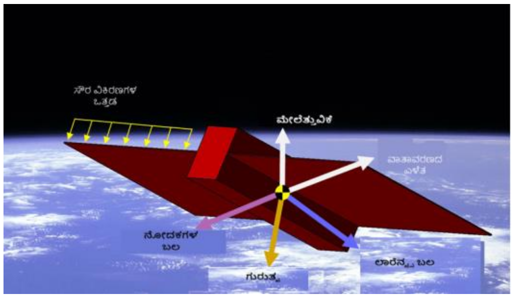
ಮರುಪೂರೈಕೆ ಯೋಜನೆಗಳು: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಕೇಂದ್ರಗಳನ್ನು, ಸರಬರಾಜು ವಾಹನಗಳು ಅಥವಾ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಯಾನಿಗಳಿರುವ ನೌಕೆಗಳು ನಿಯಮಿತವಾಗಿ ಭೇಟಿ ನೀಡುತ್ತವೆ. ಸರಿಯಾದ ಕಕ್ಷೆಯ ನಿಯಂತ್ರಣವು ಈ ವಾಹನಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದೊಡನೆ ಸಂಯೋಜಿಸಲು ಸಹಾಯಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಈ ಎಲ್ಲಾ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ಅತಿ ಅಗತ್ಯ.

3. ನಿಯಂತ್ರಣದಲ್ಲಿನ ಸವಾಲುಗಳು

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವುದು ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಹಲವಾರು ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಒಡ್ಡುತ್ತದೆ.

ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ: ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಬಲಗಳ ಕೊರತೆಯ ಕಾರಣ ಸಣ್ಣ ಬಾಹ್ಯ ಬಲವೂ ಕೂಡ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಗಮನಾರ್ಹ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ನಿಖರತೆ ಮತ್ತು ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯು ಅತಿ ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 1: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ಮೇಲೆ ಬೇರ ಬೇರೆ ಬಲಪ್ರಯೋಗ

ಬಾಹ್ಯ ಬಲಗಳು: ಸೌರ ವಿಕಿರಣ ಮತ್ತು ವಾತಾವರಣದ ಸೆಳೆತ ಮೊದಲಾದ ಬಾಹ್ಯ ಒತ್ತಡಗಳು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳ ಕಕ್ಷೆ ಮತ್ತು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಗಮನಾರ್ಹ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ತರಬಲ್ಲವು.

ಬೃಹತ್ ಚಲಿಸುವ ಭಾಗಗಳು: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳು ಬೃಹತ್ ಸೌರ ಫಲಕಗಳು ಮತ್ತು ಯಾಂತ್ರೀಕೃತ ಕೈಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಂತೆ ಅನೇಕ ಚಲಿಸುವ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ ಈ ಚಲಿಸುವ ಘಟಕಗಳು ನಿಲ್ದಾಣದ ದಿಕ್ಕಿನ (orientation) ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರಬಹುದು ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ ಸ್ಥಿರತೆಯನ್ನು ಕಾಪಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಕಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆಯ ಭೇಟಿಯ ಸವಾಲು: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂದರ್ಶಕ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆಯು ಜೋಡಣೆ ಮಾಡಿದಾಗ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಸಿಬ್ಬಂದಿ ವಾಹನಗಳು ಅಥವಾ ಸರಕು ನೌಕೆಗಳು), ಅವುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡವು ನಿಲ್ದಾಣದ ಕಕ್ಷೆ ಮತ್ತು ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಬಹುದು.

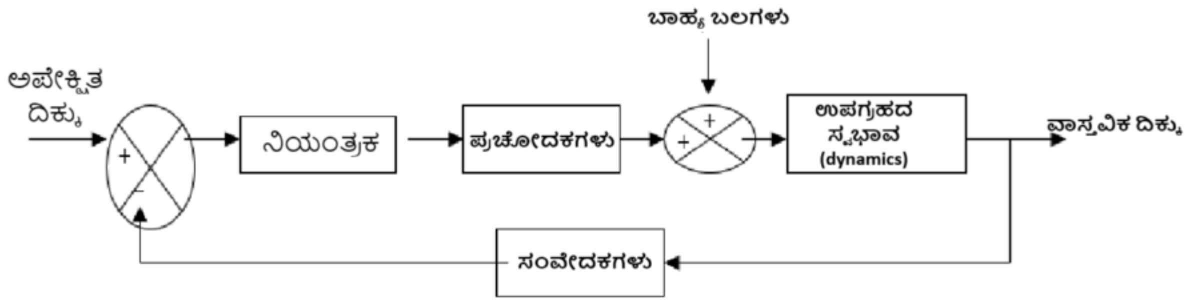
ದೀರ್ಘಾವಧಿಯ ನಿರ್ವಹಣೆಯ ಸವಾಲು: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳು ದೀರ್ಘಾವಧಿಯ ಯೋಜನೆಗಳಾಗಿದ್ದು ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ, ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕಕ್ಷೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಸಂಗ್ರಹಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸಲು ಎಚ್ಚರಿಕೆಯಿಂದ ಯೋಜನೆಯನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಇಂಧನ ದಕ್ಷತೆಯನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಪುನರುಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹತೆ: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗಳು ದೀರ್ಘಾವಧಿಯದ್ದಾಗಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ನಿರ್ಣಾಯಕ ಪಾತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಅದು ದೀರ್ಘಕಾಲದವರೆಗೂ ಯಾವುದೇ ಅಡೆಚಣೆಗಳಿಲ್ಲದೇ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆಯ ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹತೆಯನ್ನು ಖಚಿತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಂವೇದಕಗಳು ಮತ್ತು ಪ್ರಚೋದಕಗಳ ಪುನರುಕ್ತಿ(redundancy) ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ಯಾವುದೇ ವೈಫಲ್ಯವು ಯೋಜನೆಯ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕೆ ಅಥವಾ ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳ ಸುರಕ್ಷತೆಗೆ ಅಪಾಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ.

4. ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ:

ಈ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ದೈನಂದಿನ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹಾರಣೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ನೀವೊಂದು ಕಾರ್ ಅನ್ನು ಚಲಾಯಿಸುತ್ತಿದ್ದೀರಿ ಎಂದು ಕೊಳ್ಳಿ. ಆಗ ಆಕಸ್ಮಿಕವಾಗಿ ನಾಯಿಯೊಂದು ಅಡ್ಡ ಬಂದರೆ ಏನು ಮಾಡುತ್ತೀರಿ? ಅದು ನಿಮಗೆ ಹೇಗೆ ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ? ನೀವು ನಿಮ್ಮ ಇಂದ್ರಿಯಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅಂದರೆ ಕಣ್ಣುಗಳಿಂದ ಅದನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುತ್ತೀರಿ. ಗ್ರಹಿಸಿದ ನಂತರ ನಿಮ್ಮ ಮೆದುಳು ನಿಮಗೆ ಬ್ರೇಕ್ ಒತ್ತುವಂತೆ ನಿಮಗೆ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಅದರಂತೆ ನೀವು ಬ್ರೇಕ್ ಒತ್ತುತ್ತೀರಿ ಮತ್ತು ಗಾಡಿ ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೆ ಕಾರಿನ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾದರೆ ಸ್ಟೀರಿಂಗ್ ಅನ್ನು ತಿರುಗಿಸುತ್ತೀರಿ. ಇದನ್ನೇ ನಾವು ಒಂದು ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಮನುಷ್ಯನಿಗೆ ಹೇಗೆ ಇಂದ್ರಿಯಗಳು ಪರಿಸರದ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆಯೋ ಹಾಗೆ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಂವೇದಕಗಳು ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ. ನಮಗೆ ಮೆದುಳು ಹೇಗೆಯೋ ಹಾಗೆಯೇ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ನಿಯಂತ್ರಕಗಳು. ಬ್ರೇಕ್ಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಗಾಡಿ ನಿಲ್ಲಿಸಿದಂತೆ, ಸ್ಟೀರಿಂಗ್ ನ ಸಹಾಯದಿಂದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿದಂತೆ, ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಚೋದಕಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅದನ್ನೇ ನಿಯಂತ್ರಣ ಚಕ್ರದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಈ ಕೆಳಗಿನ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ನಿಯಂತ್ರಣ ಚಕ್ರ:



ಚಿತ್ರ 2: ನಿಯಂತ್ರಣ ಚಕ್ರ

ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ನಿರಂತರವಾಗಿ ತಾನು ತಲುಪಬೇಕಾದ ಗಮ್ಯ ಮತ್ತು ಪ್ರಸ್ತುತ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಂಡು ಯಾವ ಪ್ರಚೋದಕವನ್ನು ಎಷ್ಟು ಬಳಸಬೇಕೆಂದು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರಚೋದಕಗಳು ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯ ಶಕ್ತಿಗಳ ಪ್ರಯೋಗವು ಉಪಗ್ರಹದ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷೆಯನ್ನು ಬದಲಿಸುತ್ತವೆ. ಬದಲಾದ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಮತ್ತೆ ಸಂವೇದಕಗಳ ಮೂಲಕ ತಿಳಿದುಕೊಂಡು ನಿಯಂತ್ರಕ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಚೋದನೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ನಿರಂತರವಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರತಿ 32/64 ಮಿಲಿ ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗೆ ಒಮ್ಮೆ ಪ್ರಚೋದನೆಯನ್ನು ಪರಿಷ್ಕರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಈಗ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

4.1 ಸಂವೇದಕಗಳು:

ಮೊದಲಿಗೆ, ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ಸ್ಥಾನ, ಚಲನೆ ಮತ್ತು ಪರಿಸರವನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಈ ಕೆಲಸವನ್ನು ಸಂವೇದಕಗಳು ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ನಿಲ್ದಾಣಕ್ಕೆ ಕಣ್ಣು ಮತ್ತು ಕಿವಿ ಇದ್ದಂತೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಸೂರ್ಯನ ಸಂವೇದಕಗಳು, ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕಗಳು. ಮುಂದಿನ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇವುಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಕಳುಹಿಸುತ್ತವೆ.

4.2 ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳು:

ಈ ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳು ಸಂವೇದಕಗಳಿಂದ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ನಿಲ್ದಾಣದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತವೆ. ನಿಲ್ದಾಣವು ಸರಿಯಾದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿದೆಯೇ ಅಥವಾ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕೆ? ಎಂದು ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ನಿಯಂತ್ರಣ ಕ್ರಮಾವಳಿಗನುಸಾರವಾಗಿ ಪ್ರಚೋದಕಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ನಿಲ್ದಾಣವು ಸರಿಯಾದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಏನಾದರೂ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಿದ್ದಲ್ಲಿ ಅಗತ್ಯ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಕೆಲಸಗಳನ್ನು ಮಾಡಲು ಅಗತ್ಯ ತಂತ್ರಾಂಶವು ನಿಲ್ದಾಣದ ಗಣಕಯಂತ್ರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಅಂತಾರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ಮುಖ್ಯ ನಿಯಂತ್ರಣ ಗಣಕಯಂತ್ರವನ್ನು ಕಮಾಂಡ್ ಮತ್ತು ಡೇಟಾ ಹ್ಯಾಂಡ್ಲಿಂಗ್ (C&DH) ಸಿಸ್ಟಮ್ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಎಲ್ಲಾ ಇತರ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಸರಿಯಾಗಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ಖಾತ್ರಿ ಪಡಿಸುತ್ತದೆ.

ಉದಾಹರಣೆಗೆ: ಸೌರ ಫಲಕಗಳು ಸೂರ್ಯನತ್ತ ಮುಖ ಮಾಡಿರದಿದ್ದರೆ, ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳು ಫಲಕಗಳನ್ನು ತಿರುಗಿಸಲು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತವೆ. ಅದರಿಂದ ಫಲಕಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತವೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣವು ತನ್ನ ನಿರ್ಧರಿತ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ವಿಮುಖವಾಗಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದರೆ, ಅದನ್ನು ಹೇಗೆ ನಿಲ್ಲಿಸಬೇಕು ಮತ್ತು ನಿಲ್ದಾಣವನ್ನು ಮರಳಿ ಹೇಗೆ ಸರಿದಾರಿಗೆ ತರಬೇಕೆನ್ನುವುದನ್ನು ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತವೆ.

4.3 ಪ್ರಚೋದಕಗಳು:

ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳು ನಿರ್ಧಾರವನ್ನು ಮಾಡಿದ ನಂತರ, ಅದು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣವನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಲು ವಿಭಿನ್ನ ಸಾಧನಗಳಿಗೆ/ಪ್ರಚೋದಕಗಳಿಗೆ ಆದೇಶಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ನೋದಕಗಳು, ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ಚಕ್ರಗಳು ಮುಂತಾದವುಗಳು. ಮುಂದಿನ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇವುಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

5. ಸಂವೇದಕಗಳು:

ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಿಸಬೇಕಾದರೆ ನಮಗೆ ಪ್ರಸಕ್ತ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷೆಯ ಮಾಹಿತಿಯಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ನಾವು ಎಷ್ಟು ದೋಷವಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಲು ಅಗತ್ಯ ಕ್ರಮ ಕೈಗೊಳ್ಳಬಹುದು. ವಾಸ್ತವದ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷೆಯ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಲು ಸಂವೇದಕಗಳು ನಮಗೆ ಸಹಾಯಮಾಡುತ್ತವೆ. ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಸಂವೇದಕಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

ಜಡತ್ವ ಮಾಪನ ಘಟಕಗಳು (IMUs): ಈ ಸಾಧನಗಳು ಗಗನನೌಕೆಯ ತಿರುಗುವಿಕೆಯ ಚಲನೆ ಮತ್ತು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ. ನೌಕೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿನ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲು ಸಹಾಯಮಾಡುತ್ತವೆ.

ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕಗಳು: ಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿದು ಅವುಗಳನ್ನು ಈ ಮೊದಲೇ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿಟ್ಟ ನಕ್ಷತ್ರ ನಕ್ಷೆಯೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ನಿಖರವಾದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ.

ಜಡತ್ವ ಮಾಪನ ಘಟಕಗಳ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನ:

ನೀವೆಲ್ಲಾ ತಿರುಗುವ ಬುಗುರಿಯನ್ನು ನೋಡಿರುತ್ತೀರಿ. ಹೇಗೆ ಅದು ತನ್ನ ಸಮತೋಲನವನ್ನು ಕಾಪಾಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಎಂದು ಗಮನಿಸಿರುತ್ತೀರಿ. ನೀವು ಅದನ್ನು ಬೀಳಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದಾಗ ಅದು ಅದರ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಾಲುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ತನ್ನ ಸಮತೋಲನವನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಅದೇ ತತ್ವದ ಮೇಲೆ ಈ ಜಡತ್ವಮಾಪಕಗಳು ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಒಳಗೆ ವೇಗವಾಗಿ ತಿರುಗುವ ಚಕ್ರವಿರುತ್ತದೆ. ಅದು ತನ್ನ ಸಮತೋಲನವನ್ನು ಕಾಪಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವೇಳೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾದಾಗ ಜಡತ್ವ ಮಾಪನ ಘಟಕಗಳು ಅದನ್ನು ಪ್ರತಿರೋಧಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಬದಲಾವಣೆಯಾಗಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳು: ಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ಸೂರ್ಯನ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಿಡಿದು, ತನ್ಮೂಲಕ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆಯ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಖಚಿತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ . ಈ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಸೌರ ಫಲಕಗಳ

ಚಿತ್ರ 3:ವಿವಿಧ ಸಂವೇದಕಗಳು ಜಡತ್ವ , ನಕ್ಷತ್ರ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳು

ನಿಯಂತ್ರಣದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಕಾಂತೀಯಮಾಪನಗಳು: ಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ಭೂಮಿಯ ಆಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಅಳೆಯುತ್ತವೆ. ಅದರ ಮೂಲಕ ಭೂಕಾಂತದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ನೌಕೆಯ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುತ್ತವೆ.

ಭೂಮಂಡಲ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ಧಾರಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ(ಜಿಪಿಎಸ್) :ಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ಭೂಮಿಯನ್ನಾಧರಿಸಿ ನೌಕೆಯ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ಅದು ಎಷ್ಟು ವೇಗವಾಗಿ ಸಾಗುತ್ತಿದೆ ಎನ್ನುವ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ.

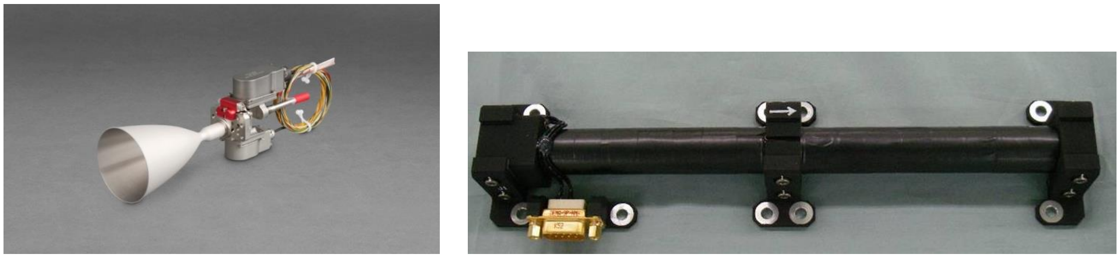
ಕ್ಯಾಮೆರಾಗಳು: ಸಂದರ್ಶಕ ನೌಕೆಯ ಜೋಡಣೆಯ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ ಅನೇಕ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪೃಥಕ್ಕರಣದ(ರೆಸಲ್ಯೂಶನ್) ಕ್ಯಾಮೆರಾಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ದೃಶ್ಯ ಸೆರೆಹಿಡಿಯಲೂ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇವು ಬಾಹ್ಯ ನೌಕೆಯ ಜೋಡಣೆಯ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ.

ಈ ಎಲ್ಲಾ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಇಲ್ಲವೇ ಅನೇಕ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ನಿಖರವಾದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಖಚಿತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕಗಳು ಮತ್ತು ಜಡತ್ವ ಮಾಪನ ಘಟಕಗಳು ಒಟ್ಟಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲದೇ ಅವುಗಳ ನಿಖರತೆ ಮತ್ತು ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹತೆಯನ್ನು ಸುಧಾರಿಸಲು ಅನೇಕ ಕ್ರಮಾವಳಿ (ಅಲ್ಗಾರಿತಮ್)ಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಒಂದೇ ತೆರನಾದ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಅನೇಕ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಒಂದು ಸಂವೇದಕ ಹಾಳಾದರೂ ಇನ್ನೊಂದರ ನೆರವಿನಿಂದ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳ ಯಶಸ್ವಿ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗೆ ವಿವಿಧ ಸಂವೇದಕಗಳ ಸಮನ್ವಯವು ಅತ್ಯಗತ್ಯವಾಗಿದೆ. ಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ನಿಖರವಾದ ದೃಷ್ಟಿಕೋನ, ಸ್ಥಿರತೆ ಮತ್ತು ಸುರಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಖಚಿತಪಡಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ನಿಲ್ದಾಣವು ಅದರ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗಳನ್ನು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿ ನಿರ್ವಹಿಸಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ.

6. ಪ್ರಚೋದಕಗಳು:

ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ಚಕ್ರಗಳು: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆಯ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸಲು ಇವು ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿವೆ. ಚಕ್ರಗಳನ್ನು ತಿರುಗಿಸುವ ಮೂಲಕ, ಉಪಗ್ರಹದ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗದ ಸಂರಕ್ಷಣೆಯ ಮೂಲಕ ಬಲವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತವೆ. ಯಾವುದೇ ಇಂಧನವನ್ನು ಬಳಸದೆ ನಿಖರವಾದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಸಾಧಿಸುತ್ತದೆ. ಚಕ್ರಗಳನ್ನು ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ತಿರುಗಿಸುವ ಮೂಲಕ, ನಿಲ್ದಾಣವು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ತಿರುಗುತ್ತದೆ. ತಿರುಗುಬಲದ ಸಮತೋಲನವನ್ನು ಕಾಪಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 5: ನೋದಕಗಳು ಮತ್ತು ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಿಕ್ ಟಾರ್ಕರ್‌ಗಳು

ನೋದಕಗಳು: ಉಪಗ್ರಹದ ಕಕ್ಷೆನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಲು ಸಣ್ಣ ನೋದಕಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇವು ವೇಗವಾಗಿ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುತ್ತವೆ. ಇವು ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೆ ನಿಯಮವಾದ "ಕ್ರಿಯೆ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ಪರಸ್ಪರ ಸಮ ಪ್ರಮಾಣ ಆದರೆ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ" ಎಂಬ ತತ್ವದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಇದೇ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಉಪಗ್ರಹದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಡೆ ಸಂಯೋಜಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಅಪೇಕ್ಷಿತ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ತರಲು ಒಂದು ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ನೋದಕಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕಗಳು (ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಿಕ್ ಟಾರ್ಕರ್‌ಗಳು): ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದೊಂದಿಗೆ ಸಂವಹನ ನಡೆಸುವ ಮೂಲಕ, ಈ ಪ್ರಚೋದಕಗಳು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆಯ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಬಲ್ಲವು. ಇವು ಯಾವುದೇ ಇಂಧನವನ್ನು ಬಳಸದೆ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ತರುತ್ತವೆ.

7. ನಿಯಂತ್ರಣ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಯ ವಿಧಾನಗಳು:

ನಿಯಂತ್ರಣ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಯು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಯೋಜನೆ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ವಿವಿಧ ನಿಯಂತ್ರಣ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ನಿರೂಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ.

7.1 ಸೂಚಕ ವಿಧಾನ (ಪಾಯಿಂಟಿಂಗ್ ಮೋಡ್):

ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಪಕರಣಗಳು (ಕ್ಯಾಮರಾಗಳು ಅಥವಾ ಆಂಟೆನಾಗಳು) ಪೂರ್ವನಿರ್ಧರಿತ ದಿಕ್ಕಿನ ಕಡೆಗೆ ನೋಡುವಂತೆ ಈ ವಿಧಾನ ಖಚಿತಪಡಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ನಿಖರವಾದ ಮಾಹಿತಿ ಸಂಗ್ರಹಣೆ ಮತ್ತು ಭೂ ಕೇಂದ್ರದೊಂದಿಗಿನ ಸಂಪರ್ಕ ಮತ್ತು ಸಂವಹನ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಉದಾಹರಣೆಗೆ:

1.ಸೂರ್ಯ ಸೂಚಕ (ಸನ್–ಪಾಯಿಂಟಿಂಗ್)ವಿಧಾನ: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ಸೌರ ಫಲಕಗಳು ಸೂರ್ಯನತ್ತ ಮುಖ ಮಾಡಿರುವಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳಲು, ತನ್ಮೂಲಕ ಅಧಿಕ, ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಯನ್ನು ಮಾಡಲು ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

2. ಜಡತ್ವ (ಇನರ್ಷಿಯಲ್) ವಿಧಾನ: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣವು ದೂರದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಅಥವಾ ಜಡತ್ವದ ಉಲ್ಲೇಖ ಬಿಂದುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಸ್ಥಿರ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಹೊಂದುವಂತೆ ಈ ವಿಧಾನ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಉಪಕರಣಗಳು ಅಥವಾ ಸಂವಹನಗಳಿಗೆ ನಿಖರವಾದ ಪಾಯಿಂಟಿಂಗ್ ಅಗತ್ಯವಿದ್ದಾಗ ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

3.ಸ್ಥಳೀಯ ಲಂಬ/ಸ್ಥಳೀಯ ಅಡ್ಡ (LVLH) ವಿಧಾನ: ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣವು ಭೂಮಿಯನ್ನು ಸುತ್ತುವಾಗ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ನಿಲ್ದಾಣದ ಒಂದು ಬದಿಯು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಎದುರಿಸುವ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಹೊಂದುವಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. (ನಾದಿರ್ ಪಾಯಿಂಟ್). ಇದು ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನು ಸ್ಥಿರಗೊಳಿಸಲು ಮತ್ತು ಭೂ ವೀಕ್ಷಣಾ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಅನುವು ಮಾಡುತ್ತದೆ.

4. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಪ್ರವಣತೆ (ಗ್ರಾವಿಟಿ ಗ್ರೇಡಿಯಂಟ್ ಮೋಡ್) ವಿಧಾನ :ನಿಲ್ದಾಣದ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಸ್ಥಿರಗೊಳಿಸಲು ಭೂಮಿಯ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಬಳಸುವ ನಿಷ್ಕ್ರಿಯ ನಿಯಂತ್ರಣ ವಿಧಾನ. ಈ ವಿಧಾನವು ನಿಲ್ದಾಣದ ಉದ್ದದ ಅಕ್ಷವನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಕಡೆಗೆ ದಿಕ್ಕಿನೊಂದಿಗೆ ಜೋಡಿಸುತ್ತದೆ. ಸಕ್ರಿಯ ನಿಯಂತ್ರಣದ ಅಗತ್ಯವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

7.2 ಸ್ಥಿರೀಕರಣ **ವಿಧಾನ**(ಮೋಡ್):

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆಯ ಸ್ವಭಾವ/ದಿಕ್ಕಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವ ಸೌರ ವಿಕಿರಣ ಒತ್ತಡ ಅಥವಾ ವಾತಾವರಣದ ಎಳೆತದಂತಹ ಬಾಹ್ಯ ಅಡಚಣೆಗಳ ವಿರುದ್ಧ ಸ್ಥಿರತೆಯನ್ನು ಕಾಪಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಈ ವಿಧಾನ ಸಹಾಯಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಉದಾಹರಣೆಗೆ

1.ಸ್ಟೇಷನ್–ಕೀಪಿಂಗ್ ವಿಧಾನ: ನಿಗದಿತ ಕಕ್ಷೀಯ ವಿಂಡೋದಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸಲು ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ವಾತಾವರಣದ ಎಳೆತದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಕಕ್ಷೀಯ ಏರಿಳಿತವನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಲು ನೋದಕಗಳು ಅಥವಾ ಇತರ ನಿಯಂತ್ರಕಗಳನ್ನು ನಿಯತಕಾಲಿಕವಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

2. ಪುನರುತ್ತೇಜನ (ರೀಬೂಸ್ಟ್) ವಿಧಾನ: ಕಾಲಾನಂತರದಲ್ಲಿ, ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣವು ವಾತಾವರಣದ ಎಳೆತದಿಂದಾಗಿ ಕೆಳಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನವು ಕಕ್ಷೆಯ ಎತ್ತರವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಮತ್ತು ನಿಲ್ದಾಣವನ್ನು ಸುರಕ್ಷಿತ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಇರಿಸಲು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ನೋದಕಗಳನ್ನು ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ..

3. ಡಿಸ್ಯಾಚುರೇಶನ್ ವಿಧಾನ:

ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಚಕ್ರಗಳು ಕಾಲಾನಂತರದಲ್ಲಿ ಸ್ಯಾಚುರೇಟೆಡ್ ಆಗಬಹುದು, ಆಗ ಅವುಗಳ ಆವೇಗವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲು ಮತ್ತು ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯನ್ನು ಪುನಃಸ್ಥಾಪಿಸಲು ನೋದಕಗಳ ಅಥವಾ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕಗಳ ಬಳಕೆಯ ಅಗತ್ಯವಿರುತ್ತದೆ.

4. ಜೋಡಣೆಯ ವಿಧಾನ:

ಜೋಡಣೆಯಂತಹ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗಳ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಎರಡು ನೌಕೆಗಳ ಸಂಯೋಜನೆ ಮಾಡಲು ಅಗತ್ಯ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ವಿಶೇಷ ಸಂವೇದಕಗಳು ಮತ್ತು ನಿಯಂತ್ರಣ ಕ್ರಮಾವಳಿಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆಯ ಮಾರ್ಗದ ಪಥವನ್ನು ಹೊಂದಿಸಲು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

8. ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ವವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು:

ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳ ಗಾತ್ರ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಬಹು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಯೋಜನೆಯ ಅವಧಿಯೂ ದೀರ್ಘವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೇ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಯಾನಿಗಳು ವಾಸಿಸುವುದರಿಂದ ಅವರ ಸುರಕ್ಷತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಗಮನ ಹರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳು ಭೂಮಿಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ ವಾತಾವರಣದ ಸೆಳೆತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ನಿಯಂತ್ರಕಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಸಿ.ಎಂ.ಜಿ ಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಇವು ಇಂಧನಗಳ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೇ ನಿಯಂತ್ರಣವನ್ನು ಸಾಧಿಸುತ್ತವೆ. ನಿಯಮಿತವಾಗಿ ಇಂಧನ ಮರುಪೂರೈಕೆ ಯೋಜನೆಗಳು, ಸರಬರಾಜು ವಾಹನಗಳು ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಯಾನಿಗಳಿರುವ ನೌಕೆಗಳು ಭೇಟಿ ಕೊಡುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ತೂಕದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಅದು ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸವಾಲುಗಳನ್ನೊಡ್ಡುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿರುತ್ತವೆ.

9. ಉಪಸಂಹಾರ:

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಕೇಂದ್ರಗಳ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಆಧುನಿಕ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪರಿಶೋಧನೆಯ ಮೂಲಾಧಾರವಾಗಿದೆ. ಇದು ಸುಧಾರಿತ ಸಂವೇದಕಗಳು, ಪ್ರಚೋದಕಗಳು ಮತ್ತು ಕ್ರಮಾವಳಿಗಳನ್ನು ಸ್ಥಿರತೆ ಮತ್ತು ಸರಿಯಾದ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಖಚಿತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಂಯೋಜಿಸುತ್ತದೆ; ಮತ್ತು ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಕಕ್ಷೆಯನ್ನು ಹೊಂದಲು ಕಾರಣೀಭೂತವಾಗಿದೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಕೀರ್ಣವಾಗುತ್ತಿದ್ದಂತೆ, ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹ ಮತ್ತು ನಿಖರವಾದ ಸ್ವಭಾವ ನಿಯಂತ್ರಣದ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯು ಬೆಳೆಯುತ್ತಲೇ ಇದೆ. ಇದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮತ್ತು ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ನೆಲದ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಪ್ರಗತಿಗಳು ಭವಿಷ್ಯದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ

ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹವನ್ನು ನೀಡುತ್ತವೆ. ತನ್ಮೂಲಕ ವಿಶ್ವದ ಬಗ್ಗೆ ನಮ್ಮ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ವಿಸ್ತರಿಸಲು ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ಆಚೆಗಿನ ಹೊಸ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತವೆ.

ಗ್ರಂಥ ಋಣ:

ಅಂತರ್ಜಾಲದ ವಿವಿಧ ತಾಣಗಳು

- https://science.howstuffworks.com/gyroscope.htm
- NASA - International Space Station Reference Guide
- NASA Technical Papers and Research Articles on ISS Operations
- USAFA Astronautics & Space Ops LSN28 Attitude determination and control subsystem