ಉಪಗ್ರಹ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ – ಏನು? ಎಂತು?

ಬೆ. ಸು. ಜಗದೀಶ ಬಾಬು
ಸೌಲಭ್ಯ ವ್ಯವಸ್ಥಾ ಸಮೂಹ,
ಇಸ್ರೊ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು.
ದೂರವಾಣಿ:2508 3171, ವಿ–ಅಂಚೆ: jagadesh@isac.ernet.in

೧. ಸಾರಾಂಶ

ಉಪಗ್ರಹವು ಅನೇಕ ಸಂಕೀರ್ಣ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳ ಫಲಶೃತಿ. ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದ ದೂರದಲ್ಲಿ, ಅತ್ಯಂತ ಕಠಿಣಮಯ, ವಾತಾವರಣರಹಿತ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ಉಪಗ್ರಹವು ಮಾನವನ ಅನೇಕ ಶತಮಾನಗಳ ಪರಿಶ್ರಮದ ಫಲವಾಗಿದೆ. ಮಾನವನ ಅನ್ವೇಷಕ ಬುದ್ಧಿಗೆ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಸಾಕ್ಷಿಯಾಗಿದೆ.

ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಉದ್ದೇಶಿತ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಣೆಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಉಪಕರಣಗಳು, ಪಾವತಿ ಹೊರೆಗಳು ಅನೇಕ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗ್ರಾಹಕಗಳು, ದೂರಸಂವೇದಕಗಳು, ಸೌರಸಂವೇದಕಗಳು, ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ಯವಸ್ಥಾ ಉಪಕರಣಗಳು, ಎಂಟೆನ್ನಾಗಳು, ನೋದನ ವ್ಯವಸ್ಥೆ, ದೂರಮಾಪನ–ದೂರಾದೇಶ, ಸಂಕೇತ ಪರಿವರ್ತಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಮುಂತಾದುವು ಮುಖ್ಯವಾದುವು.

ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಕಾರ್ಯೋದ್ದೇಶಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಸಂಪರ್ಕ, ದೂರಸಂವೇದಿ, ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪರೀಕ್ಷಣ, ದೂರ ಶಿಕ್ಷಣ, ದೂರ ವೈದ್ಯಕೀಯ, ರಕ್ಷಣಾ, ಜಾಗತಿಕ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ಧರಣಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಮುಂತಾದವುಗಳಾಗಿ ಹೆಸರಿಸಬಹುದು. ಹಾಗೆಯೇ, ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಇತರೆ ಗ್ರಹಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಗೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಭಿನ್ನವಿರುವ ವ್ಯೋಮನೌಕೆಗಳ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ಕಕ್ಷೆಗೆ ರವಾನಿಸುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಅದು ಅನುಭವಿಸುವ ಕಂಪನಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಅಪಾಯಕರ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ತೂಕವಿದ್ದು ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿರುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ಲೋಹಗಳ ಬಳಕೆ ಅಸಾಧ್ಯ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ, ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ಕಕ್ಷೆಗೆ ರವಾನಿಸುವ ಖರ್ಚು ಅತ್ಯಂತ ದುಬಾರಿ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ತೂಕದ ಆದರೆ ತಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಗಟ್ಟಿಲೋಹದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಲೋಹಗಳ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಾತ ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲಾಗುವ ಪರಿಣಾಮದಿಂದಾಗಿ ನಿರ್ವಾತ ತಾಳಿಕೆಯ ವಸ್ತುಗಳ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ವಿಕಿರಣವು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಉಪಕರಣಗಳ ಮೇಲೆ ಬೀರುವ ಪರಿಣಾಮದಿಂದಾಗಿ ವಿಕಿರಣ ನಿರೋಧಿತ/ರಕ್ಷಿತ ದುಬಾರಿ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಇವೆಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಮಿಗಿಲಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ, ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ಮಾನವನ ನೇರ ಸಂಪರ್ಕವಿಲ್ಲದೆ, ತನ್ಮೂಲಕ ಒದಗುವ ಮಾನವನ ಸಾಮಯಿಕ ಮೇಲ್ವಿಚಾರಣೆಯಿಲ್ಲದೆ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇವೆಲ್ಲ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ ಹಾಗೂ ನಿರ್ಮಾಣ ಅತಿ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಪೂರ್ಣವಾಗಿದ್ದು ಪ್ರತಿ ಹಂತದಲ್ಲಿಯೂ ವಿಶ್ವಸನೀಯತೆಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯ ನೀಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಉಪಗ್ರಹಗಳು ತಮ್ಮ ಉದ್ದೇಶಿತ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಗೆ ವಿವಿಧ ಕಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಧ್ರುವೀಯ ಸೌರಮೇಳಯಕ, ಭೂಸ್ಥಿರ, ಭೂಸಮೀಪ ಕಕ್ಷೆ ಮುಂತಾದುವು ಉಪಯೋಗದಲ್ಲಿವೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಕೆಲವು ವಿಶಿಷ್ಟ ಉಪಯೋಗಗಳಿಗಾಗಿ ಇನ್ನಿತರ ಕಕ್ಷೆಗಳೂ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿವೆ.

ಈ ಉಪಗ್ರಹ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳ ಪರಿಚಯ ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ನೀಡಲಾಗಿದೆ.

೨. ಪ್ರಸ್ತಾವನೆ

ಮಾನವ, ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿಯೇ ಅತ್ಯದ್ಭುತ ಪ್ರಾಣಿ. ಮಾನವನ ಈ ಉನ್ನತ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಆತನ ಚಿಂತನಶೀಲ ಪ್ರವೃತ್ತಿ ಮತ್ತು ಅತೃಪ್ತ ಮನಸ್ಸೇ ಕಾರಣ ಎನ್ನಬಹುದೇನೋ? ನೈಸರ್ಗಿಕವಾದ ಯಾವುದೇ ಪರಿಸರವೂ ಆತನನ್ನು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಕಾಲದ ಮಟ್ಟಿಗೆ ತೃಪ್ತಿಗೊಳಿಸೀತಷ್ಟೆ. ನಿಸರ್ಗವನ್ನು ತನಗೆ ಬೇಕಾದ ಹಾಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದರೂ, ಅದರಲ್ಲಿ ಆತನ ತೃಪ್ತಿ ಕ್ಷಣಿಕವಷ್ಟೆ. ಮತ್ತಿನ್ನೇನನ್ನೋ ಹುಡುಕಿ ಆತ ಮುಂದೆ ಸಾಗುತ್ತಾನೆ, ಹುಡುಕಿದ್ದು ಕಂಡಿತೆಂದರೆ ನಿಲ್ಲುತ್ತಾನೆ, ಮತ್ತೆ ಇದಲ್ಲವೆಂದು ಹುಡುಕಾಟ ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತಾನೆ. ಈ ಪರಿಯಲ್ಲಿ ಮಾನವ ಅಲೆಮಾರಿ ನಿಜ. ಈ ಹುಡುಕಾಟದಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿ ಇಡೀ ಭೂಮಿಯನ್ನೇ ತನ್ನ ಮನೆಯನ್ನಾಗಿಸಿಕೊಂಡಾತ ಆತ. ನಿಜಾರ್ಥದಲ್ಲಿ ನೋಡಿದರೆ ಆತ ಮಾನಸಿಕ ಅಲೆಮಾರಿ. ಆತನ ಹುಡುಕಾಟ ಹೊರಗಿನದಲ್ಲ, ಒಳಗಿನದು. ಈ ಒಳಗಿನ ಹುಡುಕಾಟದಲ್ಲಿ ಕಾಣದ್ದನ್ನು ಹೊರಗೆ ಕಾಣುವ ಪ್ರಯತ್ನ ಆತನದು. ಹುಡುಕಾಟದ ಈ ನಿರಂತರತೆಯೇ ಆತನನ್ನು ಒಬ್ಬ ನೈಜ ಅನ್ವೇಷಕನನ್ನಾಗಿಸಿದೆ. ಈ ನಿರಂತರ ಅನ್ವೇಷಣೆಯು ಅನೇಕ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಶತಮಾನಗಳ ಹಿಂದೆ ಕಟ್ಟುಕಥೆ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದಾಗಿದ್ದು ಇಂದು ನಿಜ ಜೀವನದ ಆಟಿಕೆಗಳಾಗಿವೆ. ಇಂದು ನಮ್ಮ ಜೀವನದ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಅಂಗಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿರುವ ವಾಹನಗಳು, ಸಂಪರ್ಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು, ಗೃಹೋಪಯೋಗಿ ಉಪಕರಣಗಳು ಮುಂತಾದುವು ಈ ನಿರಂತರ ಅನ್ವೇಷಣೆಯ ಫಲವೆ. ಇವೆಲ್ಲಕ್ಕೂ ಕಲಶವಿಟ್ಟಂತೆ ಮಾನವನ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದೆಡೆಗಿನ ಕುತೂಹಲ ಇಂದು ಅನೇಕ ಅತ್ಯುಪಯುಕ್ತ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳನ್ನು ನಮ್ಮದನ್ನಾಗಿಸಿವೆ. ಇಂದು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದೆಡೆಗಿನ ಕುತೂಹಲ ಕೇವಲ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅನ್ವೇಷಣೆಗೆ ಸೀಮಿತವಾಗದೆ ನಿತ್ಯಾವಶ್ಯಕ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳ ಆಕರವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ. ಇಂದು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿರುವ ನೂರಾರು ಉಪಗ್ರಹಗಳು, ಅನ್ಯಗ್ರಹಗಳೆಡೆಗೆ ಸಾಗುತ್ತಿರುವ ವ್ಯೋಮನೌಕೆಗಳು ನಮ್ಮ ಆಶ್ಚರ್ಯಕ್ಕೆ ಎರವಾಗದಷ್ಟು ಹತ್ತಿರವಾಗಿವೆ. ಈ ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಲು ಬೇಕಾದ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳ ಪರಿಚಯ ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ.

೩. ಉಪಗ್ರಹಗಳೆಂದರೆ ಏನು?

ಭೂಗ್ರಹ ಅಥವಾ ಇನ್ಯಾವುದೇ ಗ್ರಹಗಳ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುವ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳಿಗೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಚಂದ್ರ ನಮ್ಮ ನೈಸರ್ಗಿಕ ಉಪಗ್ರಹ. ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿದ್ದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ ನಿಗದಿತ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ನೈಸರ್ಗಿಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗಿಂತ ಭೂಮಿಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುತ್ತವೆ.

ಪ್ರಸಕ್ತದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತ ಸುಮಾರು ೨೩,೦೦೦ ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ ಅಕಾಶಕಾಯಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಕಾರ್ಯ ಪೂರೈಸಿದಂತಹ ಉಪಗ್ರಹಗಳು, ವಿಸರ್ಜಿತ ಉಡಾವಕಗಳ ಭಾಗಗಳೂ ಸೇರಿವೆ. ಇವುಗಳೆಲ್ಲವನ್ನು ತಾಂತ್ರಿಕವಾಗಿ (ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುವ) ಉಪಗ್ರಹಗಳೆಂದು ಗುರುತಿಸಬಹುದಾಗಿದ್ದರೂ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಇವುಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿನ ತ್ಯಾಜ್ಯ ವಸ್ತುಗಳೆಂದು ಗುರುತಿಸಬಹುದು.

ಈ ಲೇಖನದ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳೆಂದರೆ, ಸಧ್ಯಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗದಲ್ಲಿರುವ ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳೆಂದು ಅರ್ಥೈಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

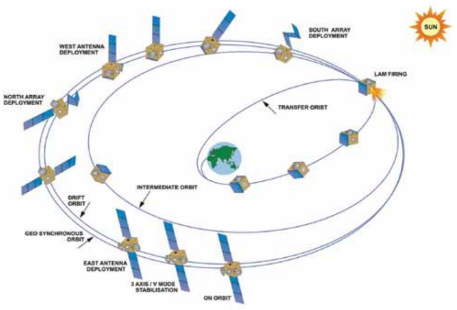
ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷೆಗೆ ರವಾನಿಸುವುದು ನಿಜಕ್ಕೂ ಅತ್ಯಂತ ದುಬಾರಿ ವೆಚ್ಚದ ಕಾರ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ, ನಿರ್ಮಾಣ ಮತ್ತು ಉಡಾವಣೆ ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಪಯೋಗಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರವೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸಂಪರ್ಕ, ದೂರಸಂವೇದನೆ, ಅಥವಾ ಜಾಗತಿಕ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ಧರಣೆ ಮುಂತಾದ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗೆ ನಿರ್ಮಿಸಲಾದ ಉಪಗ್ರಹಗಳು. ಹಾಗೆಯೇ ಉಪಗ್ರಹ ಮತ್ತು ವ್ಯೋಮನೌಕೆಗಳ ನಡುವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗುರುತಿಸಬೇಕು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಪರಿಧಿಯ ಒಳಗೆ, ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಹಾಗೂ ನಿಯಮಿತ ಭೂ ಉಪಯೋಗಿ (ವೈಜ್ಞಾನಿಕ, ವಾಣಿಜ್ಯಕ ಅಥವಾ ರಕ್ಷಣಾತ್ಮಕ) ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಲಾದ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶನೌಕೆಗಳೆಂದು

ಕರೆಯಬಹುದು. ವ್ಯೋಮನೌಕೆಗಳೆಂದರೆ ಭೂ ಕಕ್ಷೆಯನ್ನು ದಾಟಿ, ಅನ್ಯಗ್ರಹಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆ ಮುಂತಾದ, ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶನೌಕೆಗಳೆಂದು ಗುರುತಿಸಬಹುದು.

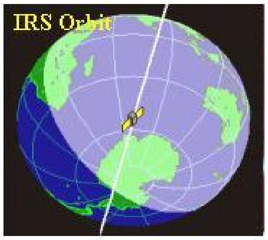
೪. ಉಪಗ್ರಹ ಉಪಯೋಗಿ ಕಕ್ಷೆಗಳು

ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುವ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಅನುಸರಿಸುವ ಪಥಕ್ಕೆ ಕಕ್ಷೆ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಕಕ್ಷಾಪಥವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಭೂಸ್ಥಿರ ಅಥವಾ ಜಿಯೋಸ್ಟೇಶನರಿ ಕಕ್ಷೆ, ಧ್ರುವೀಯ ಸೌರಮೇಳಯಿಕ ಅಥವಾ ಪೋಲಾರ್ ಸನ್‌ಸಿಂಕ್ರೊನಸ್ ಕಕ್ಷೆ ಎಂದು ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಕಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳಲ್ಲದೆ ಇನ್ನೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಕಾರದ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗನುಗುಣವಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ವಿಶಿಷ್ಟ ಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಉಡಾಯಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಇದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಜಾಗತಿಕ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ಧರಣಾ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಬಳಸುವ ಸುಮಾರು ೨೧,೦೦೦ ಕಿ.ಮಿ. ಎತ್ತರದ ಹಾಗೂ ೬೦ ಡಿಗ್ರಿ ಓರೆಯಲ್ಲಿರುವ ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಕಕ್ಷೆ, ಜಾಗತಿಕ ಅಂತರಿಕ್ಷ ನಿಲ್ದಾಣ ಅನುಸರಿಸುವ ಸುಮಾರು ೩೦೦ ಕಿ.ಮಿ. ಎತ್ತರದ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಕಕ್ಷೆ ಮುಂತಾದುವು.

ಭೂಸ್ಥಿರ ಕಕ್ಷೆಯು ಭೂಮಧ್ಯರೇಖೆಯ ಸಮತಲದಲ್ಲಿನ ೩೬,೦೦೦ ಕಿ.ಮಿ. ಎತ್ತರದ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಕಕ್ಷೆ. ಈ ಎತ್ತರದ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹವು ಭೂಮಿಯನ್ನು ಒಮ್ಮೆ ಸುತ್ತಿಬರಲು ೨೪ ಗಂಟೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹವು ಸದಾ ಭೂಮಿಯ ಒಂದೇ ಭಾಗವನ್ನು ದರ್ಶಿಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ ಹಾಗೂ ಇದು ಉಪಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಭೂಮಿಯ ಸುಮಾರು ಶೇಕಡಾ ೪೦ರಷ್ಟು ಭಾಗವನ್ನು ಒಮ್ಮೆಗೇ ದರ್ಶಿಸಲು ಅನುವುಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ರವಾನಿಸಬೇಕಾದ ಭೂ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಉಪಗ್ರಹದ ಸಂಪರ್ಕ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸದಾ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ ಸಂಪರ್ಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಭೂ ಸ್ಥಿರ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.



ಧ್ರುವೀಯ ಸೌರಮೇಳಯಿಕ ಕಕ್ಷೆಯು ಭೂಮಿಯ ಎರಡೂ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಭೂಮಿಯನ್ನು ಸುತ್ತುವ ಪಥ. ಸುಮಾರು ೬೦೦ರಿಂದ ೯೦೦ ಕಿ.ಮಿ. ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವ ಈ ಪಥದಲ್ಲಿ ಒಮ್ಮೆ ಪ್ರದಕ್ಷಿಣೆ ಬರಲು ಸುಮಾರು ೯೦ ನಿಮಿಷಗಳ ಕಾಲಾವಕಾಶ ಬೇಕು. ಧ್ರುವದಿಂದ ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಸಾಗುವ ಈ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹವು ಪರಿಭ್ರಮಿಸುವಾಗ ಭೂಮಿಯೂ ಸಹ ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಈ ಪಥದಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹವು ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುವಾಗ ಪ್ರತಿ ಭ್ರಮಣದಲ್ಲಿಯೂ ಭೂಮಿಯ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವನ್ನು ದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪಥದಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹವು ಸಾಗುವ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಧ್ರುವದಿಂದ ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಸಾಗುವ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನಾಗಿ ಗುರುತಿಸಿದರೆ, ಉಪಗ್ರಹದ ಪ್ರತಿ ಪರಿಭ್ರಮಣದಲ್ಲಿಯೂ ಈ ಪಟ್ಟಿಯು ಹಿಂದಿನ ಪರಿಭ್ರಮಣದಲ್ಲಿ ಗುರುತಿಸಲಾದ ಪಟ್ಟಿಯ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿನ ಇನ್ನೊಂದು ಪಟ್ಟಿಯನ್ನಾಗಿ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಈ ಕಕ್ಷೆಯು ದೂರಸಂವೇದನಾ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಅತಿ ಉಪಯುಕ್ತ ಕಕ್ಷೆಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ಕಕ್ಷೆಯ ಇನ್ನೊಂದು ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೆಂದರೆ, ಉಪಗ್ರಹವು ಪ್ರತಿಬಾರಿಯೂ ಭೂಮಧ್ಯರೇಖೆಯನ್ನು ಸ್ಥಳೀಯ ಕಾಲಮಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ವೇಳೆಯಲ್ಲಿ

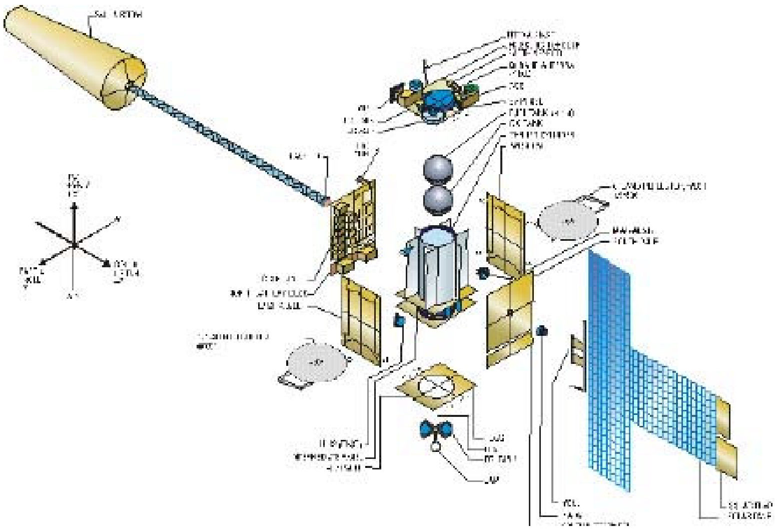


ಸೌರ ಮೇಳಯಕ ಕಕ್ಷೆ

ದಾಟುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಸ್ಥಳದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಪ್ರತಿ ಬಾರಿಯೂ ಒಂದೇ ಸೌರಪ್ರಖರತೆಯಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಇದು ದೂರಸಂವೇದನಾ ಚಿತ್ರಗಳ ಕಾಲಾಧಾರಿತ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗೆ ಸಹಾಯಕಾರಿಯಾಗಿದೆ.

೫. ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿನ ಮೂಲಭೂತ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು

ಉಪಗ್ರಹವು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಲು ಅನೇಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಯಾವುದೇ ಪ್ರಕಾರದ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಗೆ ಬೇಕಾದ ಮೂಲಭೂತ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ.



ಉಪಗ್ರಹ ಭಾಗಗಳ ತೆರೆದ ಚಿತ್ರ

ಉಪಗ್ರಹ ಕಟ್ಟಡದ ತಳಗಟ್ಟು, ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪಾದನೆ, ವಿತರಣೆ ಮತ್ತು ನಿರ್ವಹಣಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆ, ನೋದನ ವ್ಯವಸ್ಥೆ, ಉಪಗ್ರಹ ಸಂಪರ್ಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ, ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ, ದೂರ ಮಾಪನ ಮತ್ತು ದೂರನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ, ಉಷ್ಣ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ, ಮುಂತಾದುವು ಮುಖ್ಯವಾದುವು.

೫.೧ ಉಪಗ್ರಹದ ತಳಗಟ್ಟು: ಉಪಗ್ರಹದ ತಳಗಟ್ಟು ಉಪಗ್ರಹದ ಅನೇಕ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಣಾ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲು ಬೇಕಾದ ನೆಲೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಉಪಕರಣಗಳ ಅಗತ್ಯತೆಗಳಿಗನುಗುಣವಾಗಿ ಬೇಕಾದ ಸ್ಥಳಾವಕಾಶ, ಉಪಕರಣವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಸ್ಥಾನೀಯ ಗಡಸುತನ ಹಾಗೂ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿನ ನೋದನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಾಗಿನ ಇಂಧನಕೋಶಿಯು ಹಂಡೆಯಾಕಾರದಲ್ಲಿದ್ದು ಇಂಧನವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡು ಅತ್ಯಂತ ಭಾರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಉಪಗ್ರಹದ ಹೊರಭಾಗದ ಸುತ್ತ ಅಳವಡಿಸಲಾಗುವ ಅನೇಕ ಚಿಕ್ಕ ಚಿಕ್ಕ ನೂಕುನಳಿಕೆಗಳಿಗೆ (ಥ್ರಸ್ಟರ್) ಇಂಧನವನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಆಕಾರವು ದೊಡ್ಡದಿದ್ದು, ಹೆಚ್ಚಿನ ಭಾರವಿರುವ ಇದನ್ನು ಉಪಗ್ರಹದ ಕೇಂದ್ರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಭೂಸಂಪರ್ಕ ಸಾಧಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಎಂಟೆನ್ನಾಗಳನ್ನು ಭೂಮ್ಯಾಭಿಮುಖವಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ, ಸೌರಫಲಕಗಳನ್ನು ಉಪಗ್ರಹದ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ಎರಡೂ ಪಕ್ಕಗಳಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯಾಭಿಮುಖವಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಉಪಗ್ರಹದ ತಳಗಟ್ಟಿನ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳ ಮೇಲೆ ಉಪಕರಣಗಳ ಅಳವಡಿಕೆಗಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದಲ್ಲದೆ, ಈ ವಿವಿಧ ಉಪಕರಣಗಳ ಭಾರವು ನೀಡುವ ವಿರೋಧಿ ಬಲಗಳನ್ನು ಸರಿತೂಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಜೊತೆಗೆ, ಈ ತಳಗಟ್ಟು ಸ್ವತಃ ಹೆಚ್ಚಿನ ಭಾರವಾಗಿಲ್ಲದ್ದಾಗಿರಬೇಕಾಗಿದ್ದು ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಬಲಿಷ್ಟವಾದ ಆದರೆ ಹಗುರವಾದ ಲೋಹಗಳು, ಜೇನುಗೂಡಿನಾಕಾರದ ರಚನೆ, ಕಾರ್ಬನ್ ಎಳೆಗಳಿಂದ ಬಲಪಡಿಸಲಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ನಿರ್ಮಿತವಾದ ಅಲೋಹಗಳ ಬಳಕೆ ಅವಶ್ಯಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಉಪಗ್ರಹಗಳ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆಕಾರದ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿನ ಮುಖ್ಯ ನಿರ್ಬಂಧ ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ಹೊತ್ತೊಯ್ಯಬೇಕಾದ ಉಡಾವಕಗಳ ಉಪಗ್ರಹ ಸಾಗಣಾ ಕೋಶದ ಆಕಾರ. ಕೊಳವೆಯಾಕಾರದ ಉಡಾವಕಗಳ ತುತ್ತತುದಿಯಲ್ಲಿ

ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಸಾಗಣಾಕೋಶವಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಚಚ್ಚೌಕಾಕಾರದ, ಬೇಕಿದ್ದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಎತ್ತರವಿರುವ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ನಿರ್ಮಾಣಮಾಡಬಹುದಾಗಿದೆ. ಹೀಗೆ, ಉಪಗ್ರಹ ತಳಗಟ್ಟು ಸಂಕೀರ್ಣ ಸಂರಚನೆಯ ನಿರ್ಮಿತಿಯಾಗಿದೆ.

೫.೨ ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆ: ಉಪಗ್ರಹದ ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಉತ್ಪಾದನೆ, ಸಂಗ್ರಹಣೆ, ವಿತರಣೆ ಮತ್ತು ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಎಂಬ ನಾಲ್ಕು ಭಾಗಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪಾದನೆಗಾಗಿ ಸೌರಫಲಕಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉಪಗ್ರಹದ ವಿದ್ಯುತ್ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳಿಗನುಗುಣವಾಗಿ ವಿವಿಧ ಆಕಾರ, ಅಳತೆ, ಸೌರಶಕ್ತಿ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಸೌರ ಫಲಕಗಳು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿವೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಇವುಗಳನ್ನು ಸಣ್ಣ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿಯಂತೆ ದೇಹಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ದೊಡ್ಡ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿಯಂತೆ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಫಲಕಗಳಲ್ಲಿರುವಂತೆ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಸೌರಕೋಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಲಕ್ರಮೇಣ ಗ್ಯಾಲಿಯಮ್ ಆರ್ಸೆನೈಡ್, ಸಿಲಿಕಾನ್ ಮುಂತಾದ ಮೂಲಧಾತುಗಳಲ್ಲದೆ, ಏಕಸಂಧಿ, ಬಹುಸಂಧಿ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳ ಬಳಕೆಯಾಗಿದೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಾಹಕ ಕೋಶಗಳನ್ನು ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳಿಗನುಗುಣವಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಾವು ವಾಹನಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಸೀಸಾಮ್ಲ ಅಥವಾ ಲೆಡ್–ಆಸಿಡ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳು ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲು ಅನುಪಯುಕ್ತವಾಗಿವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಇವುಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆ, ನಿರಂತರ ನಿರ್ವಹಣಾ ನಿರೀಕ್ಷೆಗಳು, ವಿದ್ಯುತ್ ಬಿಡುಗಡೆ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಲ್ಲಿನ ಆಳದ ಅಭಾವ, ಆಂತರಿಕ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಸೋರಿಕೆ, ಮುಂತಾದ ಪರಿಮಾಪಕಗಳಲ್ಲಿನ ಕುಂದುಕೊರತೆಗಳು. ಆದ್ದರಿಂದ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ನಿಕ್ಕೆಲ್ ಹೈಡ್ರೋಜನ್, ಲಿಥಿಯಮ್ ಅಯಾನ್ ಮುಂತಾದ ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶಗಳ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ವಿತರಣಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಅತ್ಯಂತ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಹಾಗೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆಯಾದರೂ ಇಡೀ ಉಪಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಧಕ್ಕೆ ತರುವಂತಹ ವ್ಯವಸ್ಥೆ. ಸೌರಫಲಕಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಮಾಡಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿತರಣಾ ಜಾಲದ ಮೂಲಕ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ತಲುಪಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ೪೨ ವೋಲ್ಟ್ ಡಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಈಚಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳ ೭೦ ವೋಲ್ಟ್ ಡಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ಯವಸ್ಥಾ ಜಾಲದ ಬಳಕೆ ಪ್ರಾರಂಭವಾಗಿದೆ. ಪ್ರತಿ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿಯೂ ಡಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿಂದ ಡಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ ಮುಖ್ಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕಗಳಿಂದ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಸಂರಕ್ಷಿಸುವ ಡಿಸಿ–ಡಿಸಿ ಕನ್ವರ್ಟರ್ ಎಂಬ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಯಾವುದೇ ಉಪಕರಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಯವುಂಟಾದರೂ ಅದು ಇಡೀ ಉಪಗ್ರಹದ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿತರಣಾ ಜಾಲಕ್ಕೆ ಪ್ರಸರಿಸದಂತೆ ಎಚ್ಚರಿಕೆ ವಹಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿನ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಿ ಉಪಗ್ರಹದ ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಅಗತ್ಯಗಳಿಗನುಗುಣವಾಗಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಲು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

೫.೩ ಉಪಗ್ರಹ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ: ಉಪಗ್ರಹ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ನಿಲುವು ಮತ್ತು ಕಕ್ಷಾ ನಿಯಂತ್ರಣಗಳೆಂಬ ಭಾಗಗಳಿವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ನಿಲುವಿನ ನಿಯಂತ್ರಣದಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧ. ಒಂದು ತ್ರಯಾಕ್ಷ ನಿಯಂತ್ರಣ (Three-Axis Stabilised) ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದು ತಿರುಗು ಸ್ಥಾಯೀ ನಿಯಂತ್ರಣ (Spin Stabilised). ತ್ರಯಾಕ್ಷ ಸ್ಥಾಯೀ ನಿಯಂತ್ರಣದಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹದ ಭೂಮ್ಯಾಭಿಮುಖ ಭಾಗವು ಸದಾ ಭೂಮಿಯನ್ನು ದರ್ಶಿಸುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಉಪಗ್ರಹದ ಇತರೆ ಅಕ್ಷಗಳೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ನಿಯಂತ್ರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉಪಗ್ರಹದ ಕಾರ್ಯೋದ್ದೇಶಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುವ ಉಪಕರಣಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಪೂರೈಸಲು ಈ ನಿಯಂತ್ರಣ ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ದೂರಸಂವೇದಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಕ್ಯಾಮೆರಾಗಳು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕೋನದಲ್ಲಿಯೆ ಚಿತ್ರಗ್ರಹಣ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಸಂಪರ್ಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುವ ಎಂಟೆನ್ನಾಗಳಿಗೆ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಪ್ರದೇಶಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಉಪಗ್ರಹದ ನಿಲುವು ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆಯಾದರೂ ಕ್ಯಾಮೆರಾದ ಚಿತ್ರಗ್ರಹಣದ

ಗುಣಮಟ್ಟತೆಗೋ ಅಥವಾ ಎಂಟೆನ್ನಾದ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಪ್ರದೇಶದ ನಿಖರತೆಗೋ ಧಕ್ಕೆ ಬಂದು ಸಂಪರ್ಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಯವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ತ್ರಯಾಕ್ಷ ಸ್ಥಾಯೀ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾಗಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹ್ಯಾಂಸ್ಯಾಟ್ ಅಥವಾ ಆರ್ಯಭಟದಂತಹ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ತಿರುಗು ಸ್ಥಾಯೀ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ಅಂಶವೆಂದರೆ, ಉಪಗ್ರಹದ ನಿಲುವನ್ನು ಕಾಪಾಡಲು ಕನಿಷ್ಟ ಪಕ್ಷ ತಿರುಗುಸ್ಥಾಯೀ ನಿಯಂತ್ರಣದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ.

ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕಗಳು, ಭೂಸಂವೇದಕಗಳು, ಸೌರಸಂವೇದಕಗಳು, ಜೈರೊ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ತ್ರಯಾಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಲು ನೂಕುನಳಿಕೆಗಳು (Thrusters), ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಾ ಚಕ್ರಗಳು, (Reaction Wheels), ಆಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ತಿರುವುಶಕ್ತಿ ಉಪಕರಣಗಳು (Magnetic Torquers), ಸಂವೇಗ ಚಕ್ರಗಳು (Momentum Wheels) ಮುಂತಾದವುಗಳ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ.

೫.೪ ತಾಪ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ ವಾತಾವರಣವಿಲ್ಲದಿರುವ್ಯದರಿಂದ ಉಪಗ್ರಹದ ಸೂರ್ಯಾಭಿಮುಖ ಭಾಗವು ಅತಿ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನೂ ಹಾಗೂ ಉಪಗ್ರಹದ ಸೂರ್ಯಾವಮುಖ ಭಾಗವು ಅತಿ ಶೀತಲತೆಯನ್ನೂ ಅನುಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಸುಮಾರು ೨೦೦ ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಲ್ಸಿಯಸ್‌ನಿಂದ – ೨೦೦ ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಲ್ಸಿಯಸ್‌ವರೆಗೆ ತಾಪಮಾನದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುವ ಲೋಹಗಳು, ಅಲೋಹಗಳು, ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಉಪಕರಣಗಳು ಮುಂತಾದವುಗಳನ್ನು ಇದರಿಂದ ರಕ್ಷಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಅಸಕ್ರಿಯ ಮತ್ತು ಸಕ್ರಿಯ ಎಂಬ ಎರಡು ವಿಧದ ತಂತ್ರಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ಅಸಕ್ರಿಯ ತಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ, ಧೃಕ್ ಸೌರ ಪ್ರತಿಪ್ರತಿಫಲಕಗಳು (OSR-Optical Solar Reflector), ಬಹುಪದರ ಹೊದಿಕೆಗಳು (Multi Layered Blankets) ಮುಂತಾದವುಗಳಿದ್ದರೆ, ಸಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ತಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಚಾಲಿತ ತಾಪಕಾರಕಗಳು (Electric Heaters), ತಾಪ/ಶೀತಲ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಕೊಳವೆಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸುವಿಕೆ ಮುಂತಾದ ತಂತ್ರಗಳಿವೆ. ಜೊತೆಗೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ತಾಪಮಾನದಿಂದ ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ತಾಪಮಾನದವರೆಗೆ ಕೆಲಸಮಾಡುವಂತಹ ಉಪಕರಣದ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

೫.೫ ದೂರಮಾಪನ ಮತ್ತು ದೂರಾದೇಶ: ಉಪಗ್ರಹದ ಮೇಲ್ವಿಚಾರಣೆಗಾಗಿ ದೂರಮಾಪನ ಮತ್ತು ದೂರನಿಯಂತ್ರಕಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿನ ವಿವಿಧ ಉಪಕರಣಗಳ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆ, ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿನ ನೂರಾರು ಸಂವೇದಕಗಳ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ದೂರಮಾಪನದ ಮೂಲಕ ಭೂನಿಯಂತ್ರಣ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ರವಾನಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿ ಬೇಕಾದ ನಿಯಂತ್ರಣ ನಿರ್ಧಾರಗಳನ್ನು ಮತ್ತೆ ಉಪಗ್ರಹಕ್ಕೆ ರವಾನಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಉಪಗ್ರಹದ ಜೀವಿತಾವಧಿಯ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ನಿರಂತರವಾಗಿ ನಡೆಯುವ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವ ಉಪಕರಣಗಳು, ಬಹುಮೂಲಗಳಿಂದ ಲಭ್ಯವಾಗುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ, ಅಂಕಾತ್ಮಕ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ, ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿ ಭೂಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ರವಾನಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಹಾಗೆಯೇ, ಭೂಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಬರುವ ನಿಯಂತ್ರಣ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿ, ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ನಿಗದಿತ ನಿಯಂತ್ರಣ ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ರವಾನಿಸುತ್ತವೆ.

೫.೬ ಉಪಗ್ರಹ ಸಂಪರ್ಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ: ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿನ ಸಂಪರ್ಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ, ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ಭೂಕೇಂದ್ರದೊಡನೆ ಬೆಸೆಯುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಸಂಪರ್ಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಎಂಟೆನ್ನಾಗಳು, ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಉಪಕರಣಗಳು ಇತ್ಯಾದಿ ಸೇರಿವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಬಹುಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ಅಂಶವೆಂದರೆ, ಸಂಪರ್ಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಉಪಗ್ರಹದ ಎಲ್ಲ ರೀತಿಯ ಸಂಪರ್ಕ ಅಗತ್ಯತೆಗಳನ್ನು ಪೂರೈಸಲು ಸಂಕೇತ ರವಾನೆ ಮತ್ತು ಮರುರವಾನೆ ಉಪಕರಣಗಳು, ಸಂಕೇತಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳಿಗೆ ತಕ್ಕಂತೆ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಎಂಟೆನ್ನಾಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿ ಬಳಸುವುದು, ಮುಂತಾದ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತದೆ.

೫.೭ ಸಂವೇದಕಗಳು: ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುವ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಸ್ವನಿರ್ವಹಣೆ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹ ನಿಲುವು ನಿರ್ವಹಣೆ ಎಂಬ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಸ್ವನಿರ್ವಹಣಾ ಸಂವೇದಕಗಳಲ್ಲಿ ತಾಪಮಾನಕ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡಮಾನಕ ಸಂವೇದಕಗಳು ಮುಖ್ಯವಾದವು. ತಾಪಮಾನಕ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಉಪಗ್ರಹದ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ತಾಪಮಾನವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಥರ್ಮಿಸ್ಟರ್, ಥರ್ಮೋಕಪಲ್ ಮತ್ತು ಪಿ.ಆರ್.ಟಿ. ಎಂಬ ಮೂರು ವಿಧಗಳಿವೆ. ತಾಪಮಾನಕತೆಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿ, ನಿಖರತೆ ಮುಂತಾದ ಸ್ಥಾನೀಯ ಅಗತ್ಯತೆಗಳಿಗನುಸಾರವಾಗಿ ಈ ಮೂರು ವಿಧದ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಒತ್ತಡಮಾನಕ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ನೋದನಕೋಶದಲ್ಲಿನ (Propellant Tank) ಒತ್ತಡವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಉಪಗ್ರಹದ ನಿಲುವಿನ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗೆ ಆಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಮಾಪಕಗಳು, ಸೌರ ಗ್ರಹಣ ಸಂವೇದಕಗಳು, ಭೂ ಗ್ರಹಣ ಸಂವೇದಕಗಳು, ನಕ್ಷತ್ರ ಗ್ರಹಣ ಸಂವೇದಕಗಳು ಮತ್ತು ಯುಕ್ತಿಪೂರಕ ಸಂವೇದಕಗಳಿಂದ ದೊರಕುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಸಂವೇದನ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ದೃಕ್‌ಸಂವೇದನೆ (Optical Sensing), ತೆಳುಪದರ ಸಂವೇದನೆ (Thin Film Sensing), ಸಿ.ಸಿ.ಡಿ, ಎಳೆತಮಾಪನ ಸಂವೇದನೆ (Strain Gage Sensing), ಮುಂತಾದ ತಂತ್ರಗಳ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ.

೫.೮ ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ವಸ್ತುಗಳ ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಗುಣಧರ್ಮಗಳು: ಇತ್ತೀಚಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಅಲೋಹಗಳ, ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಇಂಗಾಲದೆಳೆಯಿಂದ ಬಲಪಡಿಸಲಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ (CFRP-Carbon Fibre Reinforced Plastic) ವಸ್ತುವಿನ ಬಳಕೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲಿದೆ. ಇವು ತೂಕದಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆಯಾದರೂ ಲೋಹದಂತೆ ದೃಢವಾಗಿರಬಲ್ಲವು. ಜೊತೆಗೆ, ಇವುಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ಆಕಾರ ಮತ್ತು ವಿನ್ಯಾಸಗಳಲ್ಲಿ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸುವುದು ಸುಲಭವಾಗಿದೆ. ಲೋಹೀಯ ಉತ್ಪಾದನೆಯಲ್ಲಿನ ಅನೇಕ ದೋಷಗಳನ್ನು ಅಲೋಹೀಯ ಉತ್ಪಾದನೆಯಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆಮಾಡಬಹುದಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹದ ತೂಕ ಗಣನೀಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಲಿದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಗಾತ್ರದ ಆದರೆ ಕಡಿಮೆ ತೂಕದ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತಿದೆ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ವಿವಿಧ ಆಕಾರಗಳ ಎಂಟೆನ್ನಾಗಳು, ನೋದನಕೋಶಗಳ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಯಲ್ಲಿ ಇವುಗಳ ಬಳಕೆ ಪ್ರಾರಂಭವಾಗಿದೆ.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಾತ ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲಾಗುವ ಪರಿಣಾಮದಿಂದಾಗಿ ನಿರ್ವಾತ ತಾಳಿಕೆಯ ವಸ್ತುಗಳ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ರಬ್ಬರ್ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳು ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ Out gassing ಅಥವಾ ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲ್ಮೈಪದರಗಳ ಕಣಗಳು ಕ್ರಮೇಣ ಬೇರ್ಪಡೆಯಾಗುವ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಈ ಕಣಗಳು ಕ್ಯಾಮೆರಾದ ಅಥವಾ ಇನ್ನಾವುದೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮಸಂವೇದಕಗಳ ಮೇಲೆ ಕೂತು ಅವುಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೆ ಧಕ್ಕೆ ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುವ ರಬ್ಬರ್ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳ ಬಳಕೆ ನಿಷಿದ್ಧ. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಕಾಪ್ಟಾನ್ ಎಂಬ ವಸ್ತುವಿನ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣವು ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಬಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಕಿರಣವು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಉಪಕರಣಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರತಿಕೂಲ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಈ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಉಪಕರಣಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆ ಕ್ರಮೇಣ ಕ್ಷೀಣಿಸಿ ಅವುಗಳು ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಅನರ್ಹವಾಗುತ್ತವೆ. ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿಯಾದರೋ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಉಪಕರಣಗಳೇ ಎಲ್ಲ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಗಳಿಗೆ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಬೇಕಾದುವು. ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಉಪಕರಣಗಳಿಲ್ಲದೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಲಾರವು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ವಿಕಿರಣ ನಿರೋಧಿತ/ರಕ್ಷಿತ ದುಬಾರಿ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಜೀವಿತಾವಧಿಯ ನಿರ್ಧರಣೆಗೆ ಉಪಗ್ರಹದ ಕಕ್ಷೆ, ಪ್ರತಿ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಎರಗುವ ವಿಕಿರಣಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆ, ಈ ವಿಕಿರಣಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಕ್ರಮೇಣ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಉಪಕರಣಗಳ ಮೇಲೆ ಬೀರುವ ದೂರಗಾಮಿ ಪರಿಣಾಮಗಳು, ಈ ವಿಕಿರಣಗಳಿಂದ

ರಕ್ಷಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಇರುವ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುವ ತಂತ್ರಗಾರಿಕೆ, ಈ ತಂತ್ರಗಾರಿಕೆಯ ಕ್ಷಮತೆ ಮುಂತಾದುವು ಉಪಗ್ರಹದ ಒಟ್ಟು ಜೀವಿತಾವಧಿಯ ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರುತ್ತವೆ.

೫.೯ ಸಂಯಂತ್ರಗಳು: ಉಡಾವಕಸ್ಥಿತ ಉಪಗ್ರಹದ ಸಂರಚನೆಯು ಕಕ್ಷಾಸ್ಥಿತ ಉಪಗ್ರಹದ ಸಂರಚನೆಗಿಂತಲು ಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ, ಉಡಾವಕದ ಉಪಗ್ರಹಕೋಶದಲ್ಲಿನ ಗಾತ್ರದ ನಿರ್ಬಂಧತೆ. ಈ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿನ ಸೌರಫಲಕಗಳು, ಎಂಟೆನ್ನಾಗಳು ಮತ್ತು ಸೌರಹಾಯಿಗಳು ಉಡಾವಣಾ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಮಡಚಿಗೊಂಡಿದ್ದು, ಉಡಾವಣಾ ನಂತರ ವಿಕಸನಗೊಂಡು ನಿಗದಿತ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸಲು ಅನುವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಉಪಕರಣಗಳ ಮಡಚುವಿಕೆ ಮತ್ತು ವಿಕಸನಗೊಳ್ಳುವಿಕೆಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಸಂಯಂತ್ರಗಳು ನೆರವೇರಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಸಂಯಂತ್ರಗಳು ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಲು ಪುಟಸುರುಳಿ (Springs), ಶಾಖೋದ್ಛೇದಕಗಳು (Pyro-cutters) ಮುಂತಾದವುಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತವೆ.

೫.೧೦ ನೋದನ ವ್ಯವಸ್ಥೆ: ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿನ ನೋದನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು (Propulsion system) ಉಪಗ್ರಹದ ಜೀವಿತಾವಧಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವಲ್ಲಿ ಮಹತ್ತರ ಪಾತ್ರವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಕೆಲವೇ ಉಪಗ್ರಹಗ ಪ್ರಕಾರಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ ಎಲ್ಲ ರೀತಿಯ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ತ್ರಯಾಕ್ಷ ಸ್ಥಾಯೀ ನಿಲುವಿನ ನಿಯಂತ್ರಣಕ್ಕೊಳಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಈ ತ್ರಯಾಕ್ಷ ಸ್ಥಾಯೀ ನಿಯಂತ್ರಣಕ್ಕಾಗಿ ನೂಕುನಳಿಕೆಗಳನ್ನು (Thrusters) ಉಪಗ್ರಹದ ಆಯಕಟ್ಟಿನ ಜಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ನೂಕುನಳಿಕೆಗಳ ಮೂಲಕ ನೋದನವನ್ನು ಚಿಮ್ಮಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿನ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಬಲ್ಲುದಾಗಿದೆ. ಹಾಗೆಯೇ, ಉಡಾವಕಗಳು ಭೂಸ್ಥಿರ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಭೂವರ್ಗಾವಣಾ ಕಕ್ಷೆಗೆ ಮಾತ್ರವೇ ಸೇರಿಸಬಲ್ಲವು. ಭೂವರ್ಗಾವಣಾ ಕಕ್ಷೆಯು ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಕಕ್ಷೆಯಾಗಿದ್ದು, ಭೂಮಿಗೆ ಸುಮಾರು ೨೦೦ ಕಿ.ಮಿ. ಹತ್ತಿರ ಮತ್ತು ಸುಮಾರು ೩೬,೦೦೦ ಕಿ.ಮಿ. ದೂರದ ದೀರ್ಘವೃತ್ತಾಕಾರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಭೂವರ್ಗಾವಣಾ ಕಕ್ಷೆಯಿಂದ ಭೂಸ್ಥಿರ ಕಕ್ಷೆಗೆ ತಲುಪಲು ಉಪಗ್ರಹವು ಸ್ವಸ್ಥಿತ ದ್ರವೀಯ ಅಪಭೂಮಿ ಚಾಲಕಯಂತ್ರದ (LAM-Liquid Apogee Motor) ಬಳಕೆಯನ್ನು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡೂ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು ನೋದನ ವ್ಯವಸ್ಥೆ. ನೋದನವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ನೋದನಕೋಶವಿದ್ದು ನೋದಕವನ್ನು ನಿಗದಿತ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನಿಗದಿತ ನೂಕುನಳಿಕೆ ಅಥವಾ ದ್ರವೀಯ ಅಪಭೂಮಿ ಚಾಲಕಯಂತ್ರಗಳಿಗೆ ನಿಖರಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ನಿಯಂತ್ರಕಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಹೊರಸೂಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

೫.೧೧ ಉಪಗ್ರಹ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು: ಉಪಗ್ರಹ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ಯಂತ್ರಗಳ ಬಳಕೆ ಸಾಮಾನ್ಯ. ಹಾಗೆಯೇ, ಅತ್ಯಂತ ಸ್ವಚ್ಛ ಪರಿಸರವೂ ಅವಶ್ಯಕ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ವಿಶ್ವಸನೀಯತೆಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ವವನ್ನು ನೀಡಲಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ನಿರ್ಮಾಣದ ಪ್ರತಿಹಂತದಲ್ಲಿಯೂ ಕಟ್ಟೆಚ್ಚರವಹಿಸಿ ಯಾವುದೇ ಲೋಪವುಂಟಾಗದಂತೆ ಎಚ್ಚರ ವಹಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ, ಉಪಗ್ರಹದ ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಭಾಗದಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿ ಪೂರ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಪಗ್ರಹದ ನಿರ್ಮಾಣದವರೆವಿಗೂ ಪ್ರತಿಹಂತದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವಿಧದ ಪರೀಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ನಡೆಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಅತ್ಯಂತ ಕಠಿಣತಮ ಪರಿಸ್ಥಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಉಪಗ್ರಹದ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಲೇಶಮಾತ್ರವೂ ಸಂಶಯಕ್ಕೆಡೆಯಿಲ್ಲದಂತೆ ಖಾತರಿಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ.

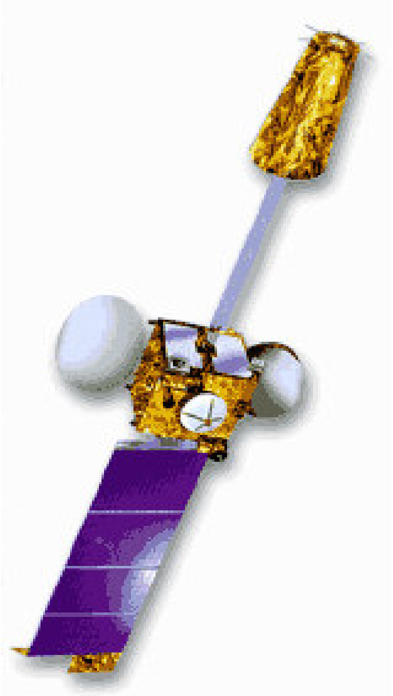
ಹೀಗೆ, ಉಪಗ್ರಹ ನಿರ್ಮಾಣವು ಕ್ಲಿಷ್ಟವೂ, ಸಂಕೀರ್ಣವೂ ಆಗಿದ್ದು ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳ ಫಲಶೃತಿಯಾಗಿದೆ. ಉಪಗ್ರಹ ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿನ ಈ ಮೂಲಭೂತ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಸ್ಥೂಲ ಪರಿಚಯದ ನಂತರ ಉಪಗ್ರಹಗ ಪ್ರಕಾರಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿಯೋಣ.

೬. ಉಪಗ್ರಹ ಪ್ರಕಾರಗಳಲ್ಲಿನ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ

ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತು ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಯಾಗುವ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ, ಉಪಗ್ರಹದ ಕಾರ್ಯೋದ್ದೇಶಗಳಿಗನುಗುಣವಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದಾದ ವಿವಿಧ ಉಪಗ್ರಹ ಪ್ರಕಾರಗಳನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

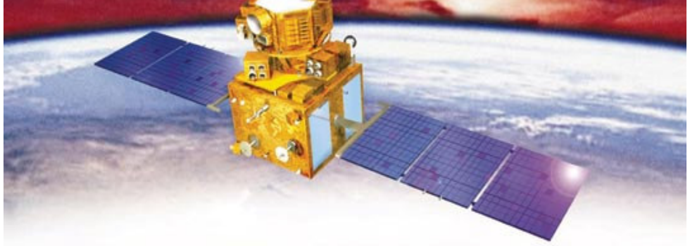
ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಮೂಲ ರಚನೆ ಸರಿಸುಮಾರಾಗಿ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೂ ಭಿನ್ನ ಭಿನ್ನ ಉಪಯೋಗಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಅವುಗಳು ಹೊತ್ತೊಯ್ಯುವ ಉಪಕರಣಗಳು, ಅವು ಅನುಸರಿಸುವ ಕಕ್ಷೆಗಳು, ಅವುಗಳ ಜೀವಿತಾವಧಿ ಮುಂತಾದುವು ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದನ್ನು ಇನ್ನೊಂದರಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ವಿವಿಧ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಪ್ರಕಾರಗಳನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

೬.೧ ದೂರಸಂಪರ್ಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳು: ದೂರಸಂಪರ್ಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಭೂಸ್ಥಿರ ಉಪಗ್ರಹಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿ ಮತ್ತೊಂದು ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ಮರು ರವಾನಿಸಿ ಸಂಪರ್ಕ ಸಾಧನೆಗೆ ನೆರವಾಗುವುದು ಇವುಗಳ ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶ. ಈ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ ಅವು ಚಲಿಸುತ್ತಿರದೆ ಒಂದೇ ಕಡೆ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿ ನಿಲ್ಲಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಭೂಸ್ಥಿರ ಕಕ್ಷೆಗಳ ಉಪಯೋಗ. ಉಪಗ್ರಹವು ಒಂದು ಭೂಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿ, ಸಂಸ್ಕರಿಸಿ, ಇನ್ನೊಂದು ಭೂ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ಮರುಪ್ರಸಾರ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ರವಾನಿಸುವ ಮತ್ತು ಸ್ವೀಕರಿಸುವ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಹಸ್ರಾರು ಕಿ.ಮಿ. ದೂರದಲ್ಲಿರಬಹುದಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಭೂಮೇಲ್ಮೈ ಸಂಪರ್ಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿರುವ ನ್ಯೂನತೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತಮ ಪರಿಹಾರವನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ,



ಇನ್ಸಾಟ್ ೨ಇ ಉಪಗ್ರಹ

ಖಂಡಾಂತರ ದೂರವಾಣಿ ಸೌಲಭ್ಯ, ಬೆಟ್ಟಗುಡ್ಡಗಾಡು ಪ್ರದೇಶಗಳಿಗೆ ದೂರವಾಣಿ, ದೂರದರ್ಶನ ಸಂಪರ್ಕ, ಅಂಡಮಾನ್ ನಿಕೋಬಾರಿನಂತಹ ಸಹಸ್ರಾರು ಕಿ.ಮಿ. ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ದ್ವೀಪಗಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಮುಂತಾದುವುಗಳು ಹೆಚ್ಚಿನ ಭೂ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿಲ್ಲದೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಆಗಾಮಿ ಮತ್ತು ಪ್ರತ್ಯಗಾಮಿ ಸಂಕೇತಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಘರ್ಷಣೆಯಾಗದಂತೆ ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಸಂಕೇತ ಪರಿವರ್ತಕಗಳು ಅಥವಾ ಟ್ರಾನ್ಸ್‌ಪಾಂಡರ್ ಎಂಬ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಸಂಪರ್ಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಸಂಕೇತ ಪರಿವರ್ತಕಗಳ ಪಾತ್ರ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಮುಖ. ಒಮ್ಮೆಗೇ ಅನೇಕ ಸಂಪರ್ಕ ಜಾಲಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಲು ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಕೇತ ಪರಿವರ್ತಕಗಳ ಬಳಕೆ ಸರ್ವೆ ಸಾಮಾನ್ಯ. ಉಪಯೋಗಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಇಂದು ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ರೋಹಿತದ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಸೀಮಿತ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಈ ಸಂಪರ್ಕ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ 'ಸಿ' ಪಟ್ಟಿ, 'ಎಸ್' ಪಟ್ಟಿ, 'ಕು' ಪಟ್ಟಿ, 'ಕ' ಪಟ್ಟಿ ರೋಹಿತವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಮುಖ್ಯವಾದುವು. ಭಾರತದ ಇನ್ಸಾಟ್ ಶ್ರೇಣಿಯ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ದೂರಸಂಪರ್ಕ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆಂದೇ ನಿಯೋಜಿತವಾಗಿವೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಭಾರತದ ಇನ್ಸಾಟ್ ೨ಇ ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.



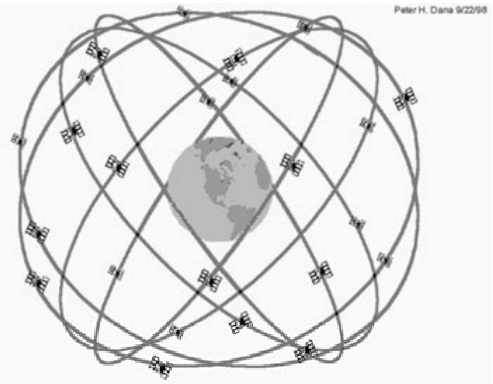
೬.೨ ಭೂಸರ್ವೇಕ್ಷಣ ಉಪಗ್ರಹಗಳು: ಭೂ ಸರ್ವೇಕ್ಷಣಾ ಅಥವಾ ದೂರಸಂವೇದಿ

ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿನ ವಸ್ತುಗಳು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಿ, ಸಂಸ್ಕರಿಸಿ ತನ್ಮೂಲಕ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿದ ವಸ್ತುವಿನ ಬಾಹ್ಯ ಮತ್ತು ಆಂತರಿಕ ಗುಣಧರ್ಮಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಭೂ ಮತ್ತು ಜಲ ಸಂಪನ್ಮೂಲ ಸಮೀಕ್ಷೆ, ಭೂನಕ್ಷೆ ತಯಾರಿಕೆ, ಬೆಳೆ ಸಮೀಕ್ಷೆ, ಸಾಗರ ಸಂಪನ್ಮೂಲ ಸಮೀಕ್ಷೆ ಮುಂತಾದುವು ಈ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಿಂದ ಲಭ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಂದ ಈ ವಿವರಗಳು ಪ್ರತಿದಿನವೂ ನಿಗದಿತ ವೇಳೆಯಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಾಗುವುದರಿಂದ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳ ಬಳಕೆಯ ಪ್ರಮಾಣ, ಉಪಲಬ್ಧತೆಯ ಸವಕಳಿ, ಉಪಯೋಗದಲ್ಲಿನ ಏರಿಳಿತ, ಇತ್ಯಾದಿ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗಳಿಂದಾಗಿ ನಮ್ಮ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳ ವಿವೇಚನಾಯುತ ಬಳಕೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಭಾರತದ ಐ.ಆರ್.ಎಸ್. ಶ್ರೇಣಿಯ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ದೂರಸರ್ವೇಕ್ಷಣೆಗಾಗಿಯೇ ನಿಯೋಜಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷಾ ತಯಾರಿಕೆಗೆಂದು ಉಡಾಯಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಕಾರ್ಟೋಸ್ಯಾಟ್ ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

೬.೩ ಹವಾಮಾನ ಉಪಗ್ರಹಗಳು: ಈ ಪ್ರಕಾರದ ಉಪಗ್ರಹಗಳು, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈನ ಮೋಡಗಳ ಚಿತ್ರಗಳು, ತೇವಾಂಶದ ಗಣನೆ, ಗಾಳಿಯ ಮೇಲ್ಪದರದ ಚಲನವಲನ, ಮುಂತಾದವುಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಿ ಭೂಕೇಂದ್ರಗಳಿಗೆ ಪ್ರಸಾರಮಾಡುತ್ತವೆ. ಯಾವುದೇ ಪ್ರದೇಶದ ಹವಾಮಾನದ ವಿವರಗಳ ಮರುಲಬ್ಧತೆಯ ಅವಧಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಂದಾಗಿ ಅತಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಹವಾಮಾನ ಮುನ್ಸೂಚನೆಯನ್ನು ಎಂದಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಕರಾರುವಾಕ್ಕಾಗಿ ಮತ್ತು ಸೀಮಿತ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಮಾಡಲು ಅವಕಾಶವಾಗಿದೆ. ಭಾರತವು ಇನ್ಸಾಟ್ ಶ್ರೇಣಿಯ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲದೆ, ಹವಾಮಾನ ಮುನ್ಸೂಚನೆಯ ಪರಿವೀಕ್ಷಣೆಗೆಂದೆ ಕಲ್ಪನ-೧ ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ಉಡಾಯಿಸಿದೆ.

೬.೪ ಶೋಧನಾ ಮತ್ತು ಸಂರಕ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು: ಸಂಪರ್ಕ ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾದ ಸಾಗರಗಳು, ಪರ್ವತಮಯ ಪ್ರದೇಶಗಳು, ಮರಳುಗಾಡು, ಮುಂತಾದ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕೃತಿದತ್ತ ಅಥವಾ ಇನ್ನಾವುದೇ ತೊಂದರೆಗೆ ಸಿಲುಕಿದ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಮಹತ್ತರ ಪಾತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲುದಾಗಿವೆ. ತೊಂದರೆಯಲ್ಲಿ ಸಿಲುಕಿದ ವಿಮಾನಗಳು, ಹಡಗುಗಳು, ಚಾರಣಿಗರ ತಂಡ ಮುಂತಾದುವು ಇದಕ್ಕೆಂದೇ ನಿಯೋಜಿತವಾದ ಉಪಕರಣಗಳ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಪೂರ್ವನಿರ್ಧಾರಿತ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಬಿತ್ತರಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆಂದೇ ನಿಯೋಜಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಈ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿ, ನಿಗದಿತ ಭೂ ಕೇಂದ್ರಗಳಿಗೆ ರವಾನಿಸುತ್ತವೆ. ಪ್ರಪಂಚದಾದ್ಯಂತ ಇಂತಹ ಭೂಕೇಂದ್ರಗಳು ಅನೇಕವಿದ್ದು, ತತ್ಕ್ಷಣ ರಕ್ಷಣೆಗೆ ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತವೆ. ಇನ್ಸಾಟ್ ಶ್ರೇಣಿಯ ಕೆಲವು ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೊದಗುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ.

೬.೫ ಜಾಗತಿಕ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ಧರಣಾ ಉಪಗ್ರಹಗಳು: ಜಾಗತಿಕ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ಧರಣಾ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಅಥವಾ ಜಿ.ಪಿ.ಎಸ್. (ಜಿಯೋಗ್ರಾಫಿಕಲ್ ಪೊಸಿಶನಿಂಗ್ ಸಿಸ್ಟಂ) ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಭೂಗೋಳದಲ್ಲಿನ ಯಾವುದೇ ಸ್ಥಳದ ನಿಖರ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ಧರಣೆಗೆ ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತವೆ ಜೊತೆಗೆ ನಿಖರ ಕಾಲ ನಿರ್ಧರಣೆಯಲ್ಲಿಯೂ ನೆರವಾಗುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಹಾಗೆ ಸುಮಾರು ಇಪ್ಪತ್ತನಾಲ್ಕು ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಶೃಂಖಲೆಯು ಇದಕ್ಕಾಗಿ ನಿಯೋಜಿತವಾಗಿದ್ದು, ವಿಶೇಷ ಗ್ರಾಹಕಗಳ ಮೂಲಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಬಿತ್ತರಿಸುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಿ, ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ ನಿಖರವಾದ ಸ್ಥಾನ, ಸಮಯ ಮತ್ತು ವೇಗದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಕನಿಷ್ಟ ಮೂರರಿಂದ ನಾಲ್ಕು ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಸಂಕೇತಗಳ ಅವಶ್ಯಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಈ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಯೋಜನವನ್ನು ವಿಮಾನಗಳಲ್ಲಿ, ಹಡಗುಗಳಲ್ಲಿ, ಪರ್ವತಾರೋಹಣ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ, ಅಷ್ಟೇಕೆ ನಗರಗಳಲ್ಲಿ ಓಡಾಡುವ ವಾಹನಗಳಲ್ಲೂ ಸಹ ಪಡೆಯಲಾಗುತ್ತಿದೆ.



ಜಿ.ಪಿ.ಎಸ್. ಉಪಗ್ರಹ ಶೃಂಖಲೆ

೬.೬ ಮಿಲಿಟರಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು: ಮಿಲಿಟರಿ ಅಥವಾ ರಕ್ಷಣಾ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ದೇಶದ ರಕ್ಷಣಾ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ ನಿರ್ಮಿತವಾದ ಉಪಗ್ರಹಗಳು. ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲಾಗುವ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳೇ ಆಗಲಿ, ನಿಗದಿತ ಉದ್ದೇಶಗಳೇ ಆಗಲಿ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಗುಪ್ತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅತ್ಯುನ್ನತ ಮಟ್ಟದ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವನ್ನು ಬಳಸಿ ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾದ ಮಾಹಿತಿ ಸಂಗ್ರಹಣೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಇವುಗಳ ಮುಖ್ಯ ಕಾರ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳ ಇತರೇ ಉಪಯೋಗಗಳೆಂದರೆ, ಗುಪ್ತ ಮಾಹಿತಿ ರವಾನೆ, ಪರಮಾಣು ಉಪಯೋಗಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಿಗಾ ಇಡುವಿಕೆ, ವಿರೋಧಿ ದಳದ ಸಂಶಯಾಸ್ಪದ ನಡೆವಳಿಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಕಟ್ಟೆಚ್ಚರ ವಹಿಸುವುದು, ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳ ಉಡಾವನೆಯನ್ನು ಮುಂಚಿತವಾಗಿ ಗ್ರಹಿಸಿ ಪ್ರತಿರೋಧ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗೆ ನೆರವಾಗುವುದು, ಇತರೆ ದೇಶದ ಗುಪ್ತ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಕದ್ದಾಲಿಸುವುದು, ನಿಗದಿತ ಪ್ರದೇಶಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು ರವಾನಿಸುವುದು ಇತ್ಯಾದಿ.

೭. ಉಪಸಂಹಾರ

ಉಪಗ್ರಹದ ನಿರ್ಮಾಣ, ಮೇಲ್ವಿಚಾರಣೆ, ಉಪಯೋಗಗಳು ಇಂದು ಆಧುನಿಕ ಸಮಾಜದ ಅನಿವಾರ್ಯತೆಯಾಗಿದೆ. ಉಪಗ್ರಹ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವು ಯಾವುದೇ ದೇಶದ ಭವಿಷ್ಯತ್ತಿನ ಮೇಲೆ ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ವದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಬೀರಲಿದೆ. ಇಂದು ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ತಯಾರಿಸಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ದೇಶದ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಗೆ ಬಳಸುತ್ತಿರುವ ವಿಶ್ವದ ಕೆಲವೇ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಭಾರತವು ತನ್ನ ಸ್ವಪ್ರಯತ್ನದಿಂದಾಗಿ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಗಳಿಸಿದೆಯೆಂದರೆ ತಪ್ಪಾಗಲಾರದು.

೮. ಗ್ರಂಥಋಣ

೮.೧. ವ್ಯೋಮಗಾಥೆ – ಉಪಗ್ರಹ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಕ್ಕೊಂದು ಬೆಳಕಿಂಡಿ
ಕರ್ನಾಟಕ ರಾಜ್ಯೋತ್ಸವ ಸಮಿತಿ, ಇಸ್ರೊ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು

೮.೨. Concepts in Space Science
Editor- R. R. Daniel

೮.೩. ಅಂತರಿಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಭಾರತ – ಸಾಧನೆ ಮತ್ತು ಸವಾಲು
ಬಿ. ಆರ್. ಗುರುಪ್ರಸಾದ್, ಇಸ್ರೊ, ಬೆಂಗಳೂರು