

УДК 004.9

АНАЛІЗ ІНЕРЦІЙНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ НАЗЕМНОГО ОБ'ЄКТА

Дробицький М.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Головною задачею будь-якого способу навігації є визначення місця розташування об'єкта, тобто координат деякої його точки, наприклад центра мас, у заданій системі відліку. У задачу навігаційної системи може входити також визначення швидкостей зміни цих координат, а також визначення параметрів, що характеризують орієнтацію об'єкта, що рухається, у заданій системі відліку, і швидкостей зміни параметрів орієнтації.

Відмінна риса інерційного способу навігації полягає в тому, що координати об'єкта одержують власне кажучи інтегруванням рівнянь Ньютона руху центра мас об'єкта. Необхідні для інтегрування цих рівнянь складові вектора результуючої сили, прикладеної до об'єкта, перебувають за показниками спеціальних приладів (акселерометрів, ньютонometrів, датчиків питомої сили) у вигляді проєкцій на напрямки їхніх осей чутливості, орієнтація яких може бути задана за допомогою гіроскопів або визначена за показниками самих ньютонometrів.

Інерційна навігаційна система (ІНС), система інерційної навігації, навігаційний пристрій, в основу роботи якого покладені класичні (ньютонівські) закони механіки. В ІНС вихідною (головною) системою відліку, стосовно якої виробляються інерційні виміри, служить інерційна (абсолютна, тобто нерухома щодо зірок) система. За допомогою ІНС визначають координати, швидкість, прискорення й інші основні параметри руху об'єкта (літака, ракети, космічного корабля, надводних і підводних судів та інших). ІНС мають перед іншими навігаційними системами більші й важливі переваги - універсальність застосування, можливість визначення основних параметрів руху, автономність дії, абсолютну

перешкодозахищеність. Ці якості визначили ІНС як найбільш перспективну навігаційну систему.

У навігації взагалі й в інерційній навігації зокрема рух об'єкта ототожнюється з рухом його центра мас, що, у свою чергу, розглядається як рух матеріальної точки з масою, рівній масі об'єкта. Такий рух описується основним рівнянням динаміки матеріальної точки, що рухається під дією прикладених до неї зовнішніх сил.

$$m\vec{V} = \vec{F}, \quad (1)$$

де \vec{F} – рівнодіюча прикладених до розглянутої точки сил;

m – маса;

\vec{V} – прискорення,

$$\vec{V} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} - \vec{f}(\vec{r}), \quad (2)$$

\vec{r} – радіус-вектор деякої точки (центра ваги сприймаючого елемента) в інерційній системі координат;

\vec{f} - сила притягання одиниці маси сприймаючого елемента (прискорення тяжіння).

Поточні координати об'єкта визначаються в інерційній навігації інтегруванням цього рівняння, для чого необхідно в кожен момент часу знати рівнодіючу всіх прикладених до об'єкта зовнішніх сил.

Для рішення цього завдання в будь-якій інерційній системі необхідно, по-перше, вимірювати в деякій системі координат діючі на об'єкт сили й, по-друге, знати обертання цієї системи координат відносно інерційної системи координат. Характерною рисою методу інерційної навігації є те, що вимір сил і визначення обертання системи координат, у якій ці сили вимірюються, здійснюються на основі законів класичної механіки Ньютона за допомогою спеціальних елементів (акселерометрів і гіроскопів), які ми будемо називати інерційними елементами.

Крім того, для рішення задачі навігації в будь-якій інерційній

навігаційній системі повинне бути передбачене лічильно-вирішальний пристрій для мігрування рівняння руху об'єкта й для перерахування поточних координат об'єкта до такої системи координат, що є найбільш зручною для навігації даного об'єкта.

Сутність інерційного методу складається у вимірі акселерометром вихідного параметра (прискорення) і інтегруванні основного рівняння: одинарному - для визначення швидкості, подвійному - для визначення координат.

Література:

- [1] Голован А.А., Парусников Н.А. Математические основы навигационных систем. Часть I. Математические модели инерциальной навигации. 3-е изд., испр. и доп. М.: МАКС Пресс, 2011. – 136 с.
- [2] Paul G. Savage. Improved Strapdown Inertial System Calibration Procedures. Part 1 -- Procedures and Accuracy Analysis. 3. Strapdown Associates, Inc. Maple Plain, MN 55359 USA WBN-14020-1 October 20, 2017.
- [3] Paul G. Savage Improved Strapdown Inertial System Calibration Procedures. Part 2 -- Analytical Derivations. Strapdown Associates, Inc. Maple Plain, MN 55359 USA WBN-14020-October 20, 2017.
- [4] Филипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001 – 616 с.
- [5] Мелешко В.В., Нестеренко О.И. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы. Учебное пособие. – Кировоград: ПОЛИМЕД - Сервис, 2011. – 164с.
- [6] Кузовков И.Т., Салычев О.С. Инерциальная навигация и оптимальная фильтрация. - М.: Машиностроение, 1982. - 216 с.