

ючих во входних і виходних цепях відсутствует, в то время как при многофазном – с увеличением числа N силовых каналов фильтрующие свойства возрастают (улучшаются);

- показано, що коефіцієнти пульсацій во входних і виходних цепях ППН модульної структури не зависят от токов и мощностей в цепях нагрузок отдельно взятых k -х силовых каналов и преобразователей в целом;

- показано, що в режимі стабілізації напруги в цепі навантаження зависимость коефіцієнтів

пульсацій і коефіцієнтів згладжування преобразователей модульної структури от коефіцієнтів трансформации n_{21} дросселей k -х силовых каналов имеет место во входных цепях, а в выходных цепях – отсутствует. Установлено, что в общем случае отклонение коефіцієнтів трансформации n_{21} дросселей k -х силовых каналов от значения, равного единице приводит к увеличению коефіцієнтів пульсацій во входных цепях преобразователей и при однофазном и при многофазном принципах преобразования.

Литература

1. Кадацкий, А.Ф. Анализ электрических процессов в МИП постоянного напряжения при граничных токах дросселей [Текст] / Кадацкий А.Ф., Малявин И.П., Кочетков А.В., Швец О.В. // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2010. – №1. – С. 20 – 30.
2. Кадацкий, А.Ф. Действующие значения токов элементов силовых каналов импульсных преобразователей постоянного напряжения с широтно-импульсным методом регулирования [Текст] / Кадацкий А.Ф., Русу А.П. // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2005. – № 1. – С. 11 – 17.
3. Кадацкий, А.Ф., Фильтрующие свойства импульсных преобразователей постоянного напряжения модульной структуры с силовыми каналами повышающего типа [Текст] / Кадацкий А.Ф., Швец О.В., Кочетков А.В. // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2011. – № 2. – С. 69-76.

В статті розглянуто структуру та визначено елементний склад каналу визначення барометричної висоти та швидкості польоту інтегрованої навігаційної системи безпілотного літального апарату

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, інтегрована навігаційна система

В статье предложена структура и определен элементный состав канала определения барометрической высоты полета и вертикальной скорости интегрированной навигационной системы беспилотного летательного аппарата

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, интегрированная навигационная система

In the article the structure and elements of the channel of definition of flight barometric altitude and vertical speed of integrated navigation system of unmanned aircraft vehicle are considered

Keywords: unmanned aircraft vehicle, integrated navigation system

УДК 629.735.05:629.735.33-519

КАНАЛ ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТИ ПОЛЬОТУ ТА ВЕРТИКАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

В. Ю. Ларін

Доктор технічних наук, професор
Кафедра аеронавігаційних систем
Національний авіаційний університет
пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03680
Контактний тел.: (044) 362-31-73
E-mail: vjlarin@gmail.com

Вступ

Матеріали, які надано в дані статті, належать до галузі аеронавігації, а саме до визначення механічних величин, таких як висота польоту та швидкість польоту літального апарату.

Актуальність дослідження

Сучасний розвиток безпілотної авіації обумовлений багатьма чинниками, які добре відомі. Існуючі на цей час зразки безпілотних повітряних суден відрізняються один від одного по масо-габаритним,

конструкційним параметрам, схемами визначення навігаційних параметрів та схемами управління. Добре відомо, що безпілотні літальні апарати (БЛА) здатні виконувати різноманітні функції, в залежності від чого буде визначатися склад навігаційної апаратури такого безпілотного повітряного судна.

БЛА класа «мікро» та вище, які оснащені автоматичними схемами керування, потребують наявності достатньо складних навігаційних систем. Навігаційні системи таких БЛА, з метою підвищення їх надійності та ефективності будують за інтегрованою схемою. В складі інтегрованої навігаційної системи присутні:

- інерційний навігаційний приладі – гіроскоп та акселерометри;
- приймач супутникової навігаційної системи;
- прилади визначення курсу;
- прилади визначення висоти та швидкості польоту.

Для визначення абсолютної висоти та повітряної швидкості польоту на пілотуємих літальних апаратах використовують барометричний метод, який є добре відомим. Додатковою перевагою застосування барометричного методу в навігаційних системах БЛА є наявність значної кількості датчиків абсолютного та відносного тиску, які побудовані за сучасними мікромеханічними (MEMS) технологіями. Було досліджено можливість застосування подібних датчиків в навігаційних системах, а також їх показники та характеристики [1].

Проведені дослідження дозволяють дати позитивну відповідь при питаннях включення подібних мікромеханічних перетворювачів у склад інтегрованої навігаційної системи БЛА.

Постановка завдання дослідження

Завданням даного дослідження є побудова структури каналу визначення абсолютної висоти польоту та вертикальної швидкості безпілотного літального апарату, а також визначення його елементного складу.

Викладення основного матеріалу дослідження

Вертикальна швидкість літального апарату V_v – це вертикальна складова швидкості руху літального апарату відносно землі. Значення величини вертикальної швидкості потрібно для збереження безпечного набору висоти або зниження літального апарату, а також для втримання постійної висоти польоту на заданому інтервалі шляху. Вертикальна швидкість може бути визначена за різними методами: методом інтегрування вертикальних прискорень, методом диференціювання значень датчика висоти, пневмомеханічного диференціювання статичного тиску, який залежить від висоти [2].

Метод пневмомеханічного диференціювання статичного тиску є, на наш погляд, достатньо складним, оскільки при використанні мікромеханічних перетворювачів в структурі навігаційної системи потребує конструювання мініатюрного варіометра.

Метод інтегрування вертикальних прискорень широко використовують в інтегрованих навігаційних системах БЛА, оскільки для його реалізації використовують мікроакселерометри інерційного блоку.

Для реалізації методу диференціювання значень потрібен вимірювач висоти польоту. Це звісно може бути барометричний мікромеханічний датчик. Тоді вертикальна швидкість V_v може бути визначена як приріст абсолютної висоти H за проміжок часу t за формулою:

$$V_v = \frac{dH}{dt} \quad (1)$$

З урахуванням стандартної гіпсометричної формули, відомої наприклад з [2], вираз (1) для визначення вертикальної швидкості на висотах до 11000 м приймає вигляд:

$$V_v = \frac{d \left(\frac{T_0}{\tau_v} \left[1 - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{\tau_v R_{yd}}{g_0}} \right] \right)}{dt}, \quad (2)$$

де T_0 – температура повітря на «нульовій» висоті, К; τ_v – температурний градієнт висоти, який дорівнює 0,0065 К/м; p – тиск повітря на даній висоті польоту, Па; p_0 – тиск повітря на рівні землі, Па; R_{yd} – питома газова стала, яка для повітря дорівнює 287,05287 Дж/(кг × К); g_0 – прискорення вільного падіння, м/с².

Аналізуючи (2) можна визначити склад пристроїв каналу визначення вертикальної швидкості польоту. Для вимірювання тиску повітря застосовуватимуть барометричний датчик тиску. Для вимірювання температури зовнішнього повітря – датчик вимірювання температури.

Для визначення відрізків часі буде потрібен часозавдаючий пристрій. Оскільки потрібно виконувати обчислення вертикальної швидкості за наведеним виразом, то потрібен обчислювальний модуль, тобто мікропроцесор або мікроконтролер із набором команд математичних операцій.

Як вже вказувалося у [3] для точного визначення барометричної висоти польоту за допомогою мікромеханічних датчиків потрібно знати температуру оточуючого повітря, оскільки це впливає на похибку вимірювання.

Хоча температура повітря, судячи із (2) може вимірюватися один раз безпосередньо перед зльотом літального апарату, її значення все одно необхідно буде вводити у навігаційну систему перед кожним рейсом ЛА. Через це наявність датчика температури є бажаним у складі навігаційної системи. Окрім того в навігаційній системі є й інші споживачі даних про температуру.

Якщо температура повітря вимірюватимуться протягом усього польоту, а не тільки на зльоті, то чисельник виразу (2) потрібно відповідним чином відкоригувати.

Враховуючи вищенаведене запропонуємо таку структуру каналу визначення висоти польоту та вертикальної швидкості.

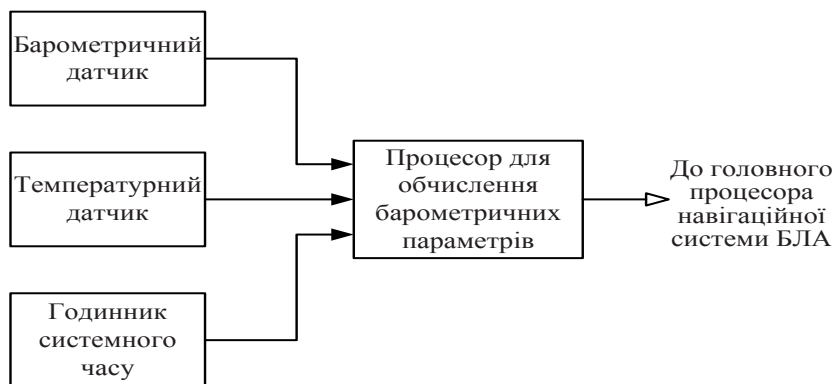


Рис. 1. Структурна схема каналу визначення висоти польоту та вертикальної швидкості

Годинник системного часу наведений на рис. 1 як складова частина каналу. Але цей блок, буде виконувати роль синхронізаційного пристрою усієї навігаційної системи, оскільки часові інтервали від нього будуть споживати і інші блоки системи.

Наявність у структурі каналу визначення процесора для обчислення барометричних параметрів – точного значення висоти польоту та вертикальної

швидкості надає ознак інтелектуальності цьому пристрою. Процесор буде виконувати обчислення вимірюваних параметрів та здійснювати взаємодію із головним процесором навігаційної системи або системи автоматичного керування БЛА. Це дозволить розвантажити головний процесор від другорозрядних обчислень.

Можна запропонувати іншу назву каналу визначення висоти польоту та вертикальної швидкості – інтелектуальний барометричний датчик.

Висновки

Шляхом аналізу математичних залежностей визначення барометричних параметрів навігаційної системи визначено структуру та елементний склад каналу визначення висоти польоту та вертикальної швидкості. Розробленій структурі запропоновано назву інтелектуального барометричного датчика.

Література

1. Ларін, В.Ю. Барометричні перетворювачі інтегрованої навігаційної системи безпілотних літальних апаратів [Текст] / В.Ю. Ларін // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2012. – №1 (53). – С. 31–36.
2. Воробьев, В.Г. *Авиационные приборы, информационно-измерительные системы и комплексы* [Текст]: учеб. для вузов / В.Г. Воробьев, В.В. Глухов, И.К. Кадьшев. – М.: Транспорт, 1992. – 399 с.
3. Ларін, В.Ю. Температурная коррекция показаний барометрических преобразователей интегрированной навигационной системы БПЛА [Текст] / В.Ю. Ларін // *Проблеми розвитку глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/ATM* : тези доповідей науково-практич. конф., 21-23 листоп. 2011 р. – К. : НАУ, 2011. – С. 64.