

УДК 629.7.03

Т.І. СИВАШЕНКО, канд. техн. наук; проф. НАУ; Київ;
Ю.А. КОШКІН, ведучий конструктор ДП «Антонов»; Київ;
М.В. МОСТОВИЙ, конструктор I-ої категорії ДП «Антонов»; Київ;
Р.І. ЛАПЕНКО, магістр НАУ; Київ

ПАЛИВОВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА З ДІАГНОСТИКОЮ СТАНУ ПАЛИВНИХ АГРЕГАТІВ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Представлена система паливовимірювання та діагностування агрегатів та елементів паливних систем. Велика кількість функціональних, алгоритмічних та електричних зв'язків паливної системи, а також велика її роль в забезпеченні безпеки польотів потребує забезпечення ефективного і неперервного контролю та діагностики технічного стану всіх агрегатів та елементів на протязі всього польоту.

Представлена система забезпечує безперервний контроль стану паливних агрегатів, вимірювання кількості палива на протязі польоту, а також забезпечує спеціальними тестовими каналами діагностику вузлів та агрегатів паливної системи.

Ключові слова: надійність, паливовимірювач, сигналізатори рівня палива, пульт індикації та управління заправкою та пульт керування вироблення палива, датчик вільної води, датчик-сигналізатор рівня палива.

Вступ. Для забезпечення безпеки польотів на сучасних літаках важливе значення має паливна система, яка забезпечує розміщення палива на літальному апараті та подачу палива до двигунів при всіх умовах і режимах польоту. Для надійної безвідмовної роботи системи необхідно забезпечити контроль і діагностику бортового обладнання, застосування сучасної електроніки. Представлена нова методика за контролем паливної системи, що значно підвищує надійність її роботи.

Паливовимірювальна система. Паливні системи літальних апаратів (ЛА) призначені для розміщення на його борту необхідного запасу палива і безперебійної подачі палива в камери згоряння двигунів за всіх можливих для даного ЛА умов польоту і режимів роботи двигунів. Крім того, паливна система може забезпечувати охолодження масла, агрегатів, радіоелектронної апаратури, виконувати регулювання положення центру мас ЛА в заданому діапазоні. Паливо іноді використовується також як робоча рідина у різних автоматичних пристроях (керування стулками реактивного сопла і лопатками вхідного напрямного апарата та інше).

До паливних систем висуваються вимоги надійності, живучості, пожежної безпеки, масових і габаритних характеристик, простоти конструкції, контролепридатності, експлуатаційної технологічності, забезпечення міцності та вібростійкості їх елементів.

Паливні системи сучасних ЛА – це складний комплекс великої кількості взаємопов'язаних підсистем: подачі палива до двигунів, перекачування палива, управління порядком вироблення палива з баків, наддуву і дренажу паливних баків, заправки і зливання палива на землі та в польоті, охолодження і контролю тощо.

В зв'язку з великою кількістю функціональних і конструктивних зв'язків в паливній системі, а також між паливною системою та іншими системами ЛА необхідно забезпечити ефективний, неперервний контроль і діагностика технічного стану всіх агрегатів та елементів на протязі всього польоту. Для вирішення цих питань необхідно ввести в конструкцію паливної системи літака елементи високої надійності, які

дозволяють суттєво зменшити габарити та масові характеристики вузлів і агрегатів і забезпечують контроль і діагностику бортового обладнання, без допоміжної контрольно-провірочної апаратури з застосуванням сучасних засобів електроніки, а також спеціальних засобів програмного забезпечення. Це значно підвищує безпеку роботи паливних систем.

Експлуатаційна надійність паливної системи великою мірою залежить від технічної досконалості та експлуатаційної надійності паливовимірювального комплексу, який забезпечує екіпаж інформацією про роботу і стан паливної системи, кількість палива та його резервний залишок, порядок вироблення палива, а також забезпечує заправку баків при закритій централізованій заправці.

Технічні вимоги до паливовимірювального комплексу визначаються типом літака та особливостями структурної схеми паливної системи.

Паливовимірювальний комплекс повинен мати такі основні елементи (рис. 1).

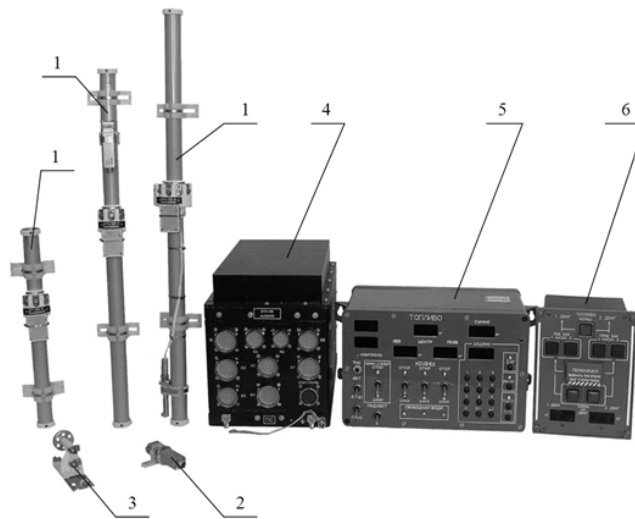


Рис. 1 – Загальний вигляд паливовимірювального комплексу паливної системи:
 1 – паливовимірювальні датчики ємкісного типу; 2 – датчики-сигналізатори рівня палива;
 3 – датчики вільної води; 4 – блок паливо вимірювання; 5 – пульт індикації та управління заправкою; 6 – пульт індикації та керування виробленням палива

Паливо-вимірювальний комплекс поділяється на три складові частини: вимірювальну, автоматичну і обчислювальну.

Вимірювальна частина комплексу складається з датчиків паливомірів 1 та блоків паливовимірювання 4. Принцип дії вимірювальної частини комплексу полягає у вимірюванні електричної ємності датчика 1, яка змінюється залежно від рівня палива в баці:

$$C = K \frac{\varepsilon_1 l_1 + \varepsilon_2 l_2}{\lg \frac{D_2}{D_1}},$$

де K – константа, що залежить від конфігурації датчика; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – діелектрична проникність повітря та палива відповідно; l_1 і l_2 – довжина незатопленої та затопленої частин датчика; D_1 – зовнішній діаметр внутрішньої труби; D_2 – внутрішній діаметр зовнішньої труби коаксіального датчика.

Оскільки $\lg(D_2 / D_1) = \text{const}$, то ємність датчика залежить лише від співвідношення затопленої та незатопленої довжин датчика, тобто від рівня палива в

баці. Робота вимірювальної частини комплексу заснована на перетворенні електричної ємності датчика в напругу постійного струму, яка далі перетворюється на кодову інформацію, що подається в обчислювальну частину комплексу.

Автоматична частина комплексу поділяється на три частини: вироблення палива, заправки паливом і сигналізації наявності води у відстої баків.

До складу автоматичної частини вироблення входять датчики-сигналізатори рівня палива в баках закріплені на датчиках паливо вимірювання 2, блоки паливо вимірювання 4, пульт індикації та керування виробленням палива 6, обчислювальна машина. До складу автоматичної частини заправки, крім датчиків-сигналізаторів, блоків паливовимірювання і обчислювальної машини, входить також пульт індикації та управління заправкою 5.

Принцип дії автоматичної частини вироблення та заправки полягає у вимірюванні електричного опору терморезистивного датчика, що змінюється внаслідок зміни теплопровідності навколишнього середовища при опусканні (підйомі) рівня палива нижче (вище) від рівня установки терморезистора, з подальшим перетворенням утвореного електричного сигналу в біполярний послідовний код, що надходить у обчислювач та пульти індикації та управління заправкою 5 та індикації і керування виробленням палива 6.

Діагностика світловодних перетворювачів рівня палива здійснюється системою за відповідності їх частотних характеристик до величин, які характеризують їх нормальну роботу. Принцип роботи світловодних перетворювачів оснований на змочуванні поверхні призми, яка являється чутливим елементом сигналізатора. Джерело світла (світлодіод) видає сигнал, який відбивається чутливим елементом сигналізатора і приймається приймачем (фотодіод). Після занурення чутливого елемента в паливну систему, сигнал від джерела поглинається паливним середовищем. При цьому фотоприймач не має ніякої інформації, в вигляді послідовних сигналів (імпульсів світла) деякої частоти в заданому діапазоні.

Для підвищення надійності сигналізаторів їх роблять двох-канальними, з двома джерелами сигналів і двома фотоприймачами.

Діагностика відбувається за рахунок вихідних вимірюваних параметрів. До складу автоматичної частини сигналізації водного відстою в баках належать датчики вільної води 3, а також блоки керування та пульт індикації та управління заправкою. Принцип дії автоматичної сигналізації наявності води у відстої полягає в реєстрації різниці електропровідності води та палива. Підвищення електропровідності за наявності води викликає зменшення електроопору на датчику 2, що призводить до виникнення електричного сигналу, який подається на пульт індикації та управління заправкою.

Обчислювальна частина комплексу включає в себе обчислювачі та схеми обробки даних і забезпечує збирання та оброблення вимірювальної інформації і подачу її на пульти індикації та управління заправкою та індикації і управління вирібкою палива, збирання інформації від сигналізаторів рівня палива в баках, кранів вироблення та насосів і забезпечує видачу інформації про стан і положення кранів вироблення, роботу насосів та на закриття кранів заправки, а також діагностику всіх агрегатів.

Дана система забезпечує контроль стану паливних агрегатів, вимірювальних каналів, датчиків і сигналізаторів паливовимірювання на протязі експлуатації, а також за спеціальними тестовими каналами без застосування якої-небудь допоміжної перевіркової апаратури. Діагностика блоків управління, пултів та датчиків системи відбувається в двох режимах:

- фоновому – який працює на протязі всього часу роботи системи;
- тестовому – за натиском кнопки контролю на пульті заправки.

Діагностика паливних агрегатів відбувається за їх станом і наявністю команд управління. Якщо стан агрегату не відповідає команді управління, то подається інформація про відмову цього агрегату або його електричних монтажів. Діагностика одиничних паливовимірювальних датчиків відбувається за діапазоном електричної ємності кожного з них як в змоченому так і в сухому стані. Діагностика сигналізаторів вільної води відбувається за відповідністю фактичного значення величини провідності ланцюга, якщо вона більше, чим провідність вільної води в баці.

Інформація про відмови агрегатів паливної системи видається у вигляді текстових повідомлень і кольорових символів, що відображені на екранах індикації, а також у вигляді кодів в систему технічного обслуговування. Крім того всі одиничні відмови, а також відмови всередині каналу автоматики паливовимірювання, які пов'язані з будь-якими порушеннями функцій системи фіксуються в енергонезалежній пам'яті системи. Після відновлення цих функцій вони автоматично видаляються.

Інформація про будь-які одиничні відмови датчиків формується у вигляді кодових повідомлень на індикаційне табло пульту заправки, підчас проведення текстового контролю системи з пульта ПКУЗ і в виді кодів відображається на індикаторах ПКУ.

При неможливості представлення достовірної інформації про кількість палива в кожному баці, при відмові датчика паливовимірювання, інформація про відмови паливовимірювальної системи видається на екранну індикацію у вигляді текстового повідомлення.

Паливовимірювальні датчики систем одночасно з виміром сумарного залишку палива можуть використовуватися також для визначення положення центру мас, автоматичного управління зміною центра мас в польоті, управління порядком виробки палива з баків.

В зв'язку з тим, що на сучасних пасажирських та транспортних літаках відносна маса палива сягає 30÷50 % від злітної маси літака, то проблема точного вимірювання кількості палива в баках є актуальною, і забезпечує надійний контроль за роботою паливної системи, і таким чином підвищення безпеки польотів літака.

Висновки. Дана паливовимірювальна система забезпечує контроль стану паливних агрегатів, вимірювальних каналів, самих датчиків, сигналізаторів паливоміра, а також їх лінії зв'язку, як постійно в процесі експлуатації, так і за спеціальними тестовими командами, без використання якоїсь додаткової контрольно-повірочної апаратури.

Список літератури: 1. Лещинер, Л. Б. Проектирование топливных систем самолетов [Текст] / Л. Б. Лещинер, И. Е. Ульянов. – М. : Машиностроение, 1975. – 343 с. 2. Мостовой, М. В. Топливоизмерительная система с углубленной диагностикой состояния топливных агрегатов и конструктивно-съёмных элементов [Текст] / М. В. Мостовой // Промышленность в фокусе. – К., 2013. – №3. 3. Сивашенко, Т. І. Проектування паливних систем літальних апаратів [Текст] / Т. І. Сивашенко, П. Ф. Максютинський. – К. : НАУ, 2014. – 215 с.

Bibliography (transliterated): 1. Leshhiner, L. B., and I. E. Ul'janov. *Proektirovanie toplivnykh sistem samoletov*. Moscow: Mashinostroenie, 1975. Print. 2. Mostovoj, M. V. "Toplivoizmeritel'naja sistema s uglublennoj diagnostikoj sostojanija toplivnykh agregatov i konstruktivno-s'emnykh jelementov." *Promyshlennost' v fokuse*. No. 3. Kiev, 2013. Print. 3. Syvashenko, T. I., and P. F. Maksyutyns'kyu. *Proektuvannya palyvnykh sistem lital'nykh apparativ*. Kyiv: NAU, 2014. Print.

Надійшла (received) 19.12.2014