

Навпаки, коли шайба з координатою $z=0$ має безмежну магнітну проникність, а шайба з координатою $z=H$ є надпровідною, одержимо:

$$\Phi_m(z) = \sum_{k=1}^{\infty} \cos(nz); \quad \delta_0 = \delta_{01} \sum_{k=0}^{\infty} b_{k1} \cos(nz);$$

$$n = (2k-1)\pi/(2H); \quad b_{k1} = \frac{4}{nH} \sin(nb_1/2) \cos[n(z_1 + b_1/2)];$$

$$b_{k2} = \frac{4}{nH} \sin(nb_2/2) \cos[n(z_2 + b_2/2)].$$

Якщо надпровідною є циліндрична частина екрана з радіусом R , то у відповідних виразах необхідно замість $I_0(nR)$ і $K_0(nR)$ підставити відповідно $[-I_1(nR)]$ і $K_1(nR)$. Якщо ж надпровідною є циліндрична поверхня стрижня з радіусом r_0 , то замість $I_0(nr_0)$ і $K_0(nr_0)$ необхідно підставити відповідно $[-I_1(nr_0)]$ і $K_1(nr_0)$.

Отримані результати дають змогу дослідити вплив геометричних розмірів і взаємного розміщення обмоток, а також розмірів і властивостей елементів екрана на власну та взаємну індуктивності розсіяння циліндричних співвісних обмоток на феромагнітному осерді.

1. Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей. Ленинградское отделение: Энергия. 1970. 2. Скоклюк М.І., Яцун А.М., Яцун М.А. Власна і взаємна індуктивності циліндричних співвісних обмоток на феромагнітному осерді // Вісн. ДУ "Львівська політехніка". 1997. № 301. С.94–102. 3. Смайт В. Електростатика и электродинамика / Пер. со второго американского издания. М., 1954.

УДК 621

Кватер Т.

Ряшівський педагогічний університет

АНАЛІЗ РОБОЧОГО СТАНУ АВІАЦІЙНОГО МОТОРА

© Кватер Т., 2000

Запропоновано методику діагностики робочого стану авіаційного мотора, яка базується на оцінці характеристик його вібрацій. Наведено результати розрахунку.

Забезпечення безпеки польотів є найважливішим завданням для повітряного за'язку. Для досягнення цієї мети передбачається вироблення такого підходу, який би забезпечував поточний контроль стану моторної групи такою мірою, щоб звести до мінімуму ризик аварій. Понад це ставиться вимога зменшити кошти на експлуатацію шляхом збільшення терміну між плановими ремонтами і можливості безпосереднього контролю пілотом технічного стану моторної групи.

Невід'ємним елементом при роботі мотора є вібрація, що суттєво впливає на зменшення безпеки польотів і зменшує зносостійкість конструкції. З іншого боку амплітуда і частота вібрації може бути джерелом інформації стосовно технічного стану моторної групи.

Зменшення вібрації, яка генерується моторами, а також динамічних перевантажень редукторної групи можна досягнути через зменшення неврівноваження мотора. Під час роботи мотора відбуваються зворотно-поступальні й обертові переміщення його елементів, що спричиняє в них реакцію сил та моментів.

Правильне розпізнання максимальних значень динамічних величин, а також їх періодичності є необхідне для обчислення вібрацій вставленого на конструкції літака мотора.

Математична модель

За допомогою рівнянь Лагранжа другого роду можна описати механічний рух систем узагальнених координат. В узагальному випадку в матричній формі вони мають вигляд

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dE}{dq} \right)_t - \left(\frac{dE}{dq} \right)_t = Q_i^P + Q_i^\Phi + Q_i^E, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

де E – кінетична енергія системи; Q_i^P, Q_i^Φ, Q_i^E – еквівалентні сили; $q_i, \dot{q}_i, (\dot{q}_i = \frac{dq_i}{dt})$ – узагальнені координати й швидкість.

Кінетична енергія E є квадратною формою від узагальненої швидкості, представленої у вигляді

$$E = \frac{1}{2} \dot{q}_t^T A q_t, \quad (2)$$

де A – матриця коефіцієнтів інерції.

Складові правої частини рівняння (1) мають вигляд

$$Q^P = Gq, \quad Q^\Phi = B\dot{q}, \quad (3)$$

де G, B – матриці коефіцієнтів штивності та дисипації відповідно.

У загальному випадку елементи матриці G залежать від узагальнених координат, а елементи матриці B від узагальненої швидкості. Після відповідних перетворень рівняння (1) отримуємо N звичайних рівнянь [1]

$$\begin{aligned} \frac{\sigma \dot{q}_i}{\sigma t} &= A^{-1} \left[E - \frac{\sigma A}{\sigma t} \dot{q}_i \right] \\ E &= \left((B + D) \dot{q} + Gq + Q^E \right), \\ D &= \frac{1}{2} \frac{\sigma Q}{\sigma q} \dot{q}_t \end{aligned} \quad (4)$$

Рівняння (4) у випадку моторної групи літака можуть утворювати математичну модель. Моторна група літака представляється штивним суцільним об'єктом, встановленим на гнучких опорах з шістьма ступенями свободи (рис.1).

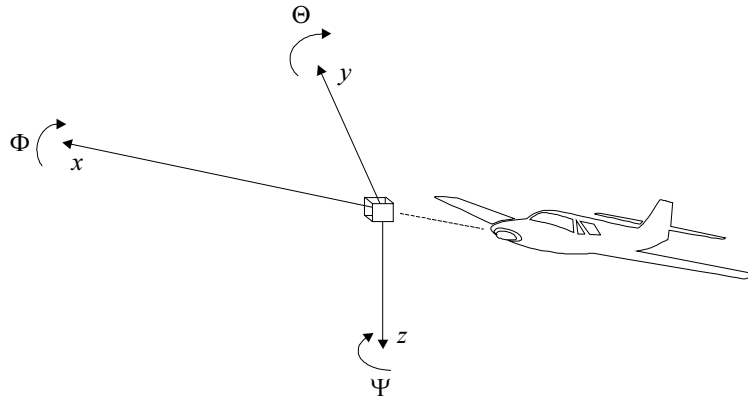


Рис.1. Силова група з шістьма ступенями свободи.

У зв'язку з симетрією групи, її можна розділити на дві підгрупи [1]:

А – вібрації в площині симетрії моторної групи, так звані симетричні вібрації, описані в координатах X, Y, Θ.

В – вібрації поза площиною симетрії, так звані антисиметричні вібрації в координатах Y, Φ, Ψ.

Це уможливило окреме розв'язання цих груп.

Остаточний вираз рівнянь динамічної рівноваги моторної групи вибраного мотора PZL-F6 "Franklin" типу боксер після врахування згасання для підгрупи В має такий вигляд [2]

$$m_N \ddot{y}_T + \sum_{i=1}^n k_{yi} y_T + \sum_{i=1}^n c_{yi} \dot{y}_T - \sum_{i=1}^n z_{Ni} k_{yi} \Phi_T + \\ + \sum_{i=1}^n z_{Ni} c_{yi} \dot{\Phi}_T + \sum_{i=1}^n x_{Ni} k_{yi} \Phi_T + \sum_{i=1}^n x_{Ni} c_{yi} \dot{\Phi}_T = Y_T$$

$$I_{N_x} \ddot{\Phi}_T - \sum z_{Ni} k_{yi} y_T + \sum z_{Ni} c_{yi} \dot{y}_T + \left(\sum z_{Ni}^2 k_{yi} + \sum y_{Ni}^2 k_{zi} \right) \Phi_T \\ + \left(\sum z_{Ni}^2 c_{yi} + \sum y_{Ni}^2 c_{zi} \right) \dot{\Phi}_T - \sum z_{Ni} x_{Ni} c_{yi} \dot{\Phi}_T = L_T \quad (5)$$

$$I_{N_z} \ddot{\Phi}_T + \sum x_{Ni} k_{yi} y_T + \sum x_{Ni} c_{yi} \dot{y}_T - \sum x_{Ni} z_{Ni} k_{yj} \Phi_T - \sum z_{Ni} x_{Ni} c_{yj} \dot{\Phi}_T + \\ + \left(\sum x_{Ni}^2 k_{yi} + \sum y_{Ni}^2 k_{xi} \right) \Phi_T + \left(\sum x_{Ni}^2 c_{yi} + \sum y_{Ni} c_{xi} \right) \dot{\Phi}_T = N_T$$

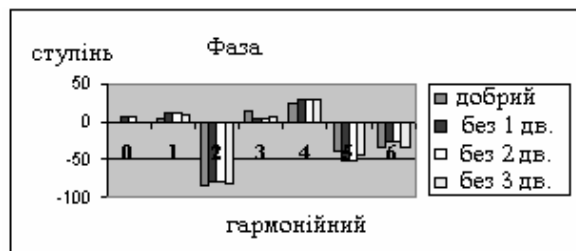
Праві частини поданого рівняння є певними навантаженнями.

Результати досліджень

Числові експерименти реалізовано для певних вибраних станів мотора, тобто робочого мотора та мотора з різними дефектами. Результати симуляції подано розкладом у ряд Фур'є, у вигляді форм амплітудних і фазних прискорень. Для прикладу результати експериментів представлено на рис.2,а, б.



а



б

Рис.2. Гармонійний аналіз прискорень
а – амплітуди; б – фази.

Виявилось, що кожний досліджуваний стан характеризується певними сталими властивостями, які дозволяють стверджувати в загальному, що вигляд форм сигналів вібрації залежить від стану роботи систем. Власне це можна використати під час діагностики. У подальших дослідженнях застосовано штучні нейронні мережі, як засіб діагностики. Вхідними сигналами для цієї мережі були результати, отримані при числових дослідженнях. Це уможливило навчання корегуючого реагування нейронної мережі на поточний стан. Такі підходи було представлено в [3] з позитивними результатами. Очевидно концепція застосування різних структур штучних нейронних мереж є можливою залежно від доступного технічного забезпечення [4].

1. Pyzik L. *Wykorzystanie właściwości dynamicznych lotniczego silnika tłokowego do oceny jego stanu technicznego – rozprawa doktorska WAT, Warszawa, 1991.* 2. Tchaban V. *Matematyczne modelowanie procesów elektromechanicznych.* Lwów, 1997. 3. Kwater T. *The monitoring of the aircraft pistone engine by neural networks. Proceedings of the EANN'95, Helsinki.* 4. Kwater T. *The diagnostics based on Fourier transform with using neural networks. Proceedings of the EANN'96, Londyn.*