

и получаем

$$v_{1o} = -\Delta v_o(x_s) = \phi_s^T \tilde{C}_1 \phi_s + \phi_s^T \tilde{C}_2 \bar{\sigma}_s + \bar{\sigma}_s^T \tilde{C}_3 \bar{\sigma}_s,$$

$$\tilde{C}_1 = B^T P A G_1^{-1} (E_n - D_o) A^T P B - B^T P B, \tilde{C} =$$

$$-(C G^{-1} C^T)^{-1},$$

$$\tilde{C}_2 = -2 B^T P A G_1^{-1} C^T \tilde{C}, \tilde{C}_3 = -\tilde{C} C G_1^{-1} \tilde{C}, D_o =$$

$$C^T C G_1^{-1}$$

Определяется функция живучести $Q = \phi_s^T \tilde{C}_1 \phi_s - \bar{\phi}_s^T \tilde{C}_1 \bar{\phi}_s + (\phi_s^T - \bar{\phi}_s^T) \tilde{C}_2 \sigma_s \cdot \bar{\phi}_s$ - нелинейность с отказом. Если $Q > 0$, то в объекте произошел отказ.

На этой же основе решается вторая задача.

Алгоритм идентификации параметров частичных отказов заданной структуры. Функция живучести позволяет идентифицировать произошедшие в системе изменения и дать их первоначальную оценку, но она не позволяет идентифицировать сам отказ.

Решение третьей задачи: Присутствующие в системе нелинейности под влиянием внешних факторов могут менять свои характеристики, что может повлиять на формирующееся управление и может ухудшить характер переходных процессов. Модель идентификации (настраиваемая модель) имеет вид: $\bar{x}_{s+1} = \bar{C} \bar{x}_s + \bar{A}_s x_s + \bar{B}_s \phi_s(\sigma_s)$, где $\bar{C} - n \times n$ - постоянная положительно определенная матрица, \bar{A}_s, \bar{B}_s - матрицы с настраиваемыми параметрами. Цель состоит в том, чтобы разработать схему, которая динамически управляет этими элементами таким образом, чтобы

$\lim_{t \rightarrow \infty} \bar{A}(t) = A, \lim_{t \rightarrow \infty} \bar{B}(t) = B,$
 $\lim_{t \rightarrow \infty} [\bar{x}(t) - x(t)] = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0$. Вектор состояния ошибки в этом случае можно записать: $e_{s+1} = \bar{C} e_s + \Phi x_s + \Psi \phi_s(\sigma_s)$, где параметры матрицы ошибки определяются как $\Phi \equiv [\bar{A} - A]$ и $\Psi \equiv [\bar{B} - B]$.

Устойчивость адаптивного алгоритма идентификации обеспечивается следующими алгоритмами идентификации $\dot{\Phi} = -\Gamma_1 P e x^T, \dot{\Psi} = -\Gamma_2 P e \phi^T$, где $P = P^T, P > 0$ - симметричная положительно определенная матрица, $\Gamma_1 = \Gamma_1^T > 0, \Gamma_2 = \Gamma_2^T > 0$. Для практической реализации законы идентификации запишем в следующем виде: $\bar{A} = -\Gamma_1 P e X^T, \bar{B} = -\Gamma_2 P e \phi^T$. Подобная же схема идентификации может быть применена для идентификации параметров дискретной системы управления.

Для отладки алгоритма восстановление неисправной характеристики изменение отказавшей секторной характеристики выберем по определенному закону. Номинальная характеристика

$$x_8 > \sigma_m \phi_8 = \sigma_m, -\sigma_m \leq x_8 \leq \sigma_m \sigma = k x_8,$$

$$x_8 < \sigma_m \sigma = x_8 = -\sigma_m$$

Для демонстрации качества алгоритма рассматривается характеристика с отказом $\phi = \sigma_m + \sin(kt / (2\pi))$

НЕЧЕТКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛА*)

©2012 Алексеев Ф.Ф., Алексеев А.Ф., Елисеев С.Ю.

Казанский государственный технический университет им. А.Н.Туполева (КАИ), Казань

FUZZY IDENTIFICATION OF PARAMETERS OF FLYING VEHICLE CONTROL SYSTEM

©2012 Alekseev F.F., Alekseev A.F., Eliseev S.Yu.

The problem of design of algorithms of identification of system parameters based on use of adjustable model is considered. Identification problem consists in definition of suitable model and in elaboration of scheme for dynamic regulation of its parameters so that they converge to product

parameters. Algorithms of identification based on use of adjustable (adaptable) models and results of flight tests, are obtained on the basis of sufficient Lyapunov stability conditions and their various generalizations.

Рассмотрим проблему конструирования алгоритмов идентификации параметров системы, основанных на использовании настраиваемой модели. Проблема идентификации состоит в определении пригодной модели и в разработке схемы для динамического регулирования его параметров так, чтобы они сходились к параметрам изделия. Алгоритмы идентификации, основанные на использовании настраиваемых (адаптирующихся) моделей, получаются на основе достаточных условий устойчивости по Ляпунову и различных их обобщений.

Разработаны адаптивные алгоритмы идентификации систем с непрерывным и дискретным временем с приложением к идентификации параметров вертолета. Пусть, для определенности, обобщенная нечеткая настраиваемая модель объекта имеет вид

$$x_{s+1}^{id} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r h_i(z(s))h_j(z(s)) \left[(A_{1i}^{id} - B_{2i}^{id}F_j)x_s^i + A_{2i}^{id}x^{id}(s - \tau_i(s)) + B_i^{1id}(s)\phi_i^1(s, \sigma_s) + B_i^{2id}(s)\phi_i^2(s - \tau_i(s), \sigma(s - \tau_i(s))) + B_{1i}^{id}u_i(\sigma) + B_{2i}^{id}F_j e_s + B_3^{id}u_3(\sigma(s - \tau(s))) \right],$$

$$\sigma_s = \sum_{i=1}^r h_i(z(s))[C_{1i}^{id}(s)x_s + C_{2i}^{id}(s)x(s - \tau_i(s))], \sigma_{1s} = C_{1i}^{id}(s)x_s.$$

Вводятся фазовые и параметрические рассогласования

$$e_s^{id} = x_s^{id} - x_s; \quad A_{1ies} = A_{1is}^{id} - A_{1i};$$

$$A_{2ies} = A_{2is}^{id} - A_{2i}; \quad B_{ies} = B_{is}^{1id} - B_i^1;$$

$$B_{ies}^2 = B_i^{2id} - B_i^2; \quad B_{1ies} = B_{1is}^{id} - B_{1i};$$

$$B_{2ies} = B_{2is}^{id} - B_{2i}; \quad C_{1ies} = C_{1is}^{id} - C_{1i};$$

$$C_{2ies} = C_{2is}^{id} - C_{2i}.$$

Уравнения для фазовых рассогласований имеют такой же вид с заменой матриц системы на A_{1is}^{id} , A_{2is}^{id} , B_{is}^{1id} , B_i^{2id} , B_{1is}^{id} , B_{2is}^{id} , C_{1is}^{id} , C_{2is}^{id} , соответственно.

Составляется система уравнений $A_{1is+1}^{id} = A_{1is}^{id} - F_{1s}$, $A_{2is+1}^{id} = A_{2is}^{id} - F_{2s}$,

$$B_{is+1}^{1id} = B_{is}^{1id} - F_{3s},$$

$$B_{is+1}^{2id} = B_{is}^{2id} - F_{4s}, \quad B_{1is+1}^{id} = B_{1is}^{id} - F_{5s},$$

$$B_{2is+1}^{id} = B_{2is}^{id} - F_{6s},$$

$$C_{1ies+1} = C_{1is}^{id} - F_{7s},$$

$$C_{2ies+1} = C_{2is}^{id} - F_{8s}. \quad F_{1s}, \dots, F_{8s} \text{ подлежат определению для обеспечения сходимости процесса настройки } (\lim_{t \rightarrow \infty} A_{1ies} = 0 \text{ при } t \rightarrow \infty, \dots, \lim_{t \rightarrow \infty} C_{2ies} = 0 \text{ при } t \rightarrow \infty).$$

Выбираем функцию Ляпунова вида $V = sp(\Theta_t^T \Theta_t)$, Θ - блочная матрица вида $\Theta = [A_{1is}^{id} A_{2is}^{id} B_{is}^{1id} B_{is}^{2id} B_{1is}^{id} B_{2is}^{id} C_{1is}^{id} C_{2is}^{id}]$.

Вычислим

$$\Delta V_s = V_{s+1} - V_s = sp[(\Theta_{s+1}^T - P_s^T)(\Theta_s - P_s) - \Theta_s^T \Theta_s] = sp(-2\Theta_s^T P_s + P_s^T P_s)$$

F_s^T - блочная матрица вида $F_s^T = (F_{1s}^T F_{2s}^T F_{3s}^T F_{4s}^T F_{5s}^T F_{6s}^T F_{7s}^T F_{8s}^T)$. F_s разыскиваем в виде $F_s = \varepsilon_s P^{id} e_s y_{s-1}^T$, $P^{id} = P^{idT}$, $y_s^T = (x_s^T u_1^T u_2^T u_3^T)$, ε_s - скалярная функция.

Если существуют $\varepsilon(s)$, P^{id} такие, что ΔV_s отрицательно определенная, то $\lim_{t \rightarrow \infty} e_s^{id} = 0$, $\lim_{t \rightarrow \infty} A_{1ies} = 0$, $\lim_{t \rightarrow \infty} A_{2ies} = 0$, $\lim_{t \rightarrow \infty} B_{ies}^1 = 0$, $\lim_{t \rightarrow \infty} B_{ies}^2 = 0$, $\lim_{t \rightarrow \infty} B_{1ies} = 0$, $\lim_{t \rightarrow \infty} B_{2ies} = 0$, $\lim_{t \rightarrow \infty} C_{1ies} = 0$, $\lim_{t \rightarrow \infty} C_{2ies} = 0$ при $t \rightarrow \infty$.

Для примера рассмотрим систему управления вертолетом, описываемую уравнением:

$$\dot{x}_p = A_p x_p + B_p u$$

Настраиваемая модель, содержащая параметры изделия, имеет вид

$$\dot{x}_m = Cx_m + [A_m(t) - C]x_p + B_m(t)u,$$

где $C > 0$, $A_m(t)$ и $B_m(t)$ - матрицы с регулируемыми элементами. Цель состоит в том, чтобы разработать схему, которая динамически регулирует эти элементы таким образом, чтобы

$$\lim_{t \rightarrow \infty} A_m(t) = A_p, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} B_m(t) = B_p,$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} [x_m(t) - x_p(t)] = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0.$$

Вектор состояния ошибки удовлетворяет дифференциальному уравнению $\dot{e}(t) = Ce + \Phi x_p + \Psi u$, где параметры матрицы ошибки определяются как $\Phi \equiv [A_m - A_p]$ и $\Psi \equiv [B_m - B_p]$. Устойчивость адаптивного алгоритма идентификации обеспечивается адаптивными законами

$$\dot{\Phi} = -\Gamma_1 P e x_p^T, \quad \dot{\Psi} = -\Gamma_2 P e u^T,$$

где P – положительно определенная симметричная матрица. Для практической реализации законы идентификации следующие:

$$\dot{A}_m(t) = -\Gamma_1 P e x_p^T;$$

$$\dot{B}_m(t) = -\Gamma_2 P e u^T.$$

Для рассмотренной схемы реализуется нечеткий алгоритм идентификации.

Подобная же схема идентификации может быть применена для идентификации параметров дискретной системы

управления, систем с учетом секторных нелинейностей (систем вида Лурье).

Для осуществления процедуры идентификации в реальном времени алгоритм идентификации модифицируется на основе применения специального приема, разработанного в работах Л.Ю.Анапольского, В.М.Бородина, дающего возможность уменьшения размерности матриц параметров, используемых при расчетах, и применения нелинейных моделей идентификации.

Предлагается алгоритм управления структурой параметров, подлежащих идентификации. На основе летных испытаний разработана процедура идентификации параметров и динамических процессов ЛА.

Компьютерное моделирование и идентификация проводились в среде Matlab.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА СВЯЗУЮЩЕГО И АРМАТУРЫ НА УДАРСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИТОВ

©2012 Андрианова К.А., Халиулин В.И.

Казанский национальный исследовательский технический университет
им.А.Н.Туполева – КАИ, Казань

BINDING AGENT AND REINFORCEMENT EFFECT ON COMPOSITES IMPACT RESISTANCE STUDY

©2012 Andrianova K.A., Khaliulin V.I.

The type, structure and chemical composition of reinforcement on composite impact resistant was study. The estimation of binding agent type effect on composite impact resistant was made. The modification method of binding agent was offered for increasing of impact strength.

При проектировании композитных конструкций основными требованиями являются прочность и жесткость. В то же время для изделий, имеющих тонкостенные элементы, находящиеся под вероятным воздействием ударной нагрузки, основным критерием может быть ударостойкость. Учитывая низкую сопротивляемость удару большинства композитов с текстильной армирующей основой, разработка мероприятий и средств, повышающих ударостойкость, является актуальной задачей.

В настоящей работе описывается комплекс материаловедческих и технологических исследований, направленных на повышение ударостойкости композитов.

На первоначальном этапе было исследовано влияние типа связующего на стойкость материала к удару. Для сравнения были изготовлены образцы из одной и той же армирующей ткани, но различных типов связующих: эпоксидных, полиэфирных, фенольных при горячем и холодном отверждении. Для