

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМЕХАМИ

Будылина Е.А.¹, Гарькина И.А.², Данилов А.М.², Тюкалов Д.Е.²

¹Московский государственный университет машиностроения (ММИ), e-mail: bud-ea@yandex.ru;

²ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия (440028, Пенза, ул. Германа Титова, 28), e-mail: fmatem@pguas.ru

Предлагается методика определения обобщенных характеристик оператора и объекта по данным нормального функционирования целостной эргатической системы. Предполагается справедливость гипотезы о формировании определенного стиля управления при адекватности параметров модели и реального объекта. Динамическое подобие систем «оператор-объект-среда» и «оператор-модель» рассматривается, исходя из условия формирования у обучаемых необходимых навыков управления. Указывается неопределенность характеристик оператора, как части эргатической системы, определяемой действующим в ней организмическим принципом: оператор достраивает себя в целостной системе организмически оптимально. В условиях указанной неопределенности предлагаются алгоритмы определения возмущений и помех при заданной их локализации. Полученные обобщенные передаточные функции использовались как первое приближение при итерационном методе синтеза тренажных и обучающих комплексов и настройке их параметров.

Ключевые слова: эргатические системы, случайные воздействия и помехи, структурная схема, параметрическая идентификация, итерационный синтез.

PARAMETRIC IDENTIFICATION OF HUMAN-MACHINE SYSTEM WITH RANDOM EFFECTS AND INTERFERENCES

Budylyna E.A.¹, Garkina I.A.², Danilov A.M.², Tyukalov D.E.²

¹Moscow state university of mechanical engineering (MAMI) (Russia, 107023, Moscow, str. B. Semenovskaya, 38), e-mail: bud-ea@yandex.ru;

²Penza state university of architecture and construction (Russia, 440028, Penza, Titov str., 28), e-mail: fmatem@pguas.ru

Are given the methods of determining the generalized characteristics of the operator and object (are used data of proper functioning of an integrated human-machine system). Accepted hypothesis: the adequacy of the model parameters and the real object is formed by a certain style of control. Dynamic similarity systems «operator-object-environment» and «operator-model» is considered from the conditions of formation of the trainees have the necessary management skills. Indicates the uncertainty characteristics of the operator (part human-machine system; it is associated with organismic principle): operator completes itself in the whole system optimally organismically. In the context of this uncertainty are given algorithms for determining disturbances and interference at a given localization. The resulting generalized transfer functions were used as a first approximation in the iterative method of synthesis training systems and configure their settings. Provides the results of practical testing.

Keywords: human-machine system, random effects and noise, block diagram, parametric identification, iterative synthesis

Ограничимся случаем, когда оператор описывается инерционным звеном второго порядка с запаздыванием [1...5]. Предполагается справедливость гипотезы о формировании оператором управляющих воздействий по фазовым координатам, их скоростям и ускорениям. Тогда уравнения динамики будут иметь вид:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

$$\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + Du(t) = F\ddot{x}(t) + Q\dot{x}(t) + Rx(t) + Sx(t - \tau).$$

При идентификации возмущений и помех возникают значительные сложности, вызываемые, прежде всего, тремя факторами:

- отсутствие удовлетворительного математического описания результатов интегрального воздействия на объект (например, на самолет – атмосферных возмущений);
- практически непредсказуемые случайные воздействия (помехи со стороны оператора);
- коррелированность возмущений и помех с входными воздействиями.

Структурную схему эргатической системы примем в виде, приведенном на рис.1.

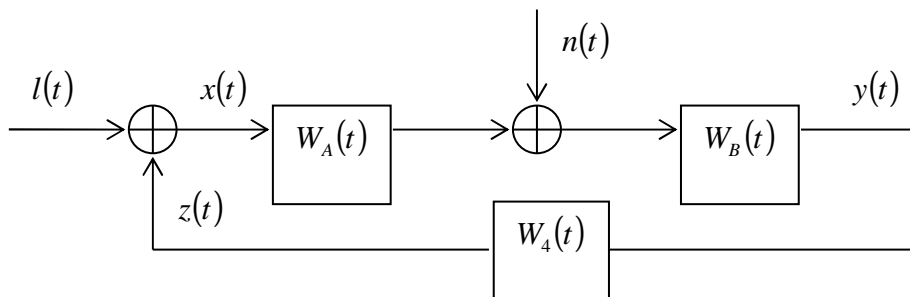


Рис.1. Структурная схема эргатической системы

Можно показать, при известных характеристиках человека-оператора и некоррелированности помех с входным воздействием спектральные характеристики помех определяются в виде

$$S_n(\omega) = \frac{S_y(\omega)}{|W_3(j\omega)|^2} - |W_A(j\omega)|^2 S_l(\omega)$$

($\omega_A(t)$ – импульсная переходная функция части объекта регулирования, где действием помех можно пренебречь; $\omega_B(t)$ – импульсная переходная функция объекта по отношению к помехе; $\omega_4(t)$ – импульсная переходная функция оператора).

Справедливо

$$W_3 = \frac{W_B}{1 + W_A W_B W_4}$$

При указанной структурной схеме эргатической системы передаточную функцию объекта принципиально можно определить в виде (справедлива как при наличии, так и при отсутствии внутренних помех):

$$W_0(j\omega) = \frac{W_H(j\omega)}{W_4(j\omega)}$$

Передаточные функции $W_H(j\omega)$, $W_0(j\omega)$ определяются в соответствии с последовательностью формул:

$$l(t) = x(t) - z(t),$$

$$F(\tau) = R_x(\tau) - R_l(\tau),$$

$$W_H(j\omega) = \frac{S_F(j\omega)}{S_x(j\omega)},$$

$$W_4(j\omega) = \frac{S_{zy}(j\omega)}{S_y(j\omega)}.$$

Здесь R, S – соответственно корреляционные функции и спектральные плотности.

Что касается оператора, при одноканальном управлении его деятельность может описываться по структурной схеме, приводимой на рис.2; W_{oc}, W_1 – передаточные функции анализатора и моторики человека-оператора. Сумматор описывает формирование сигнала ошибки $\theta_{ош}$ центральной нервной системы.

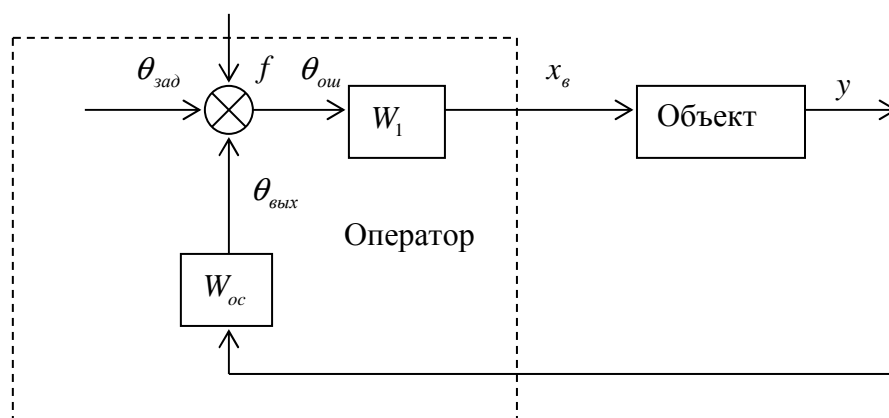


Рис. 2. Структурная схема при одноканальном управлении

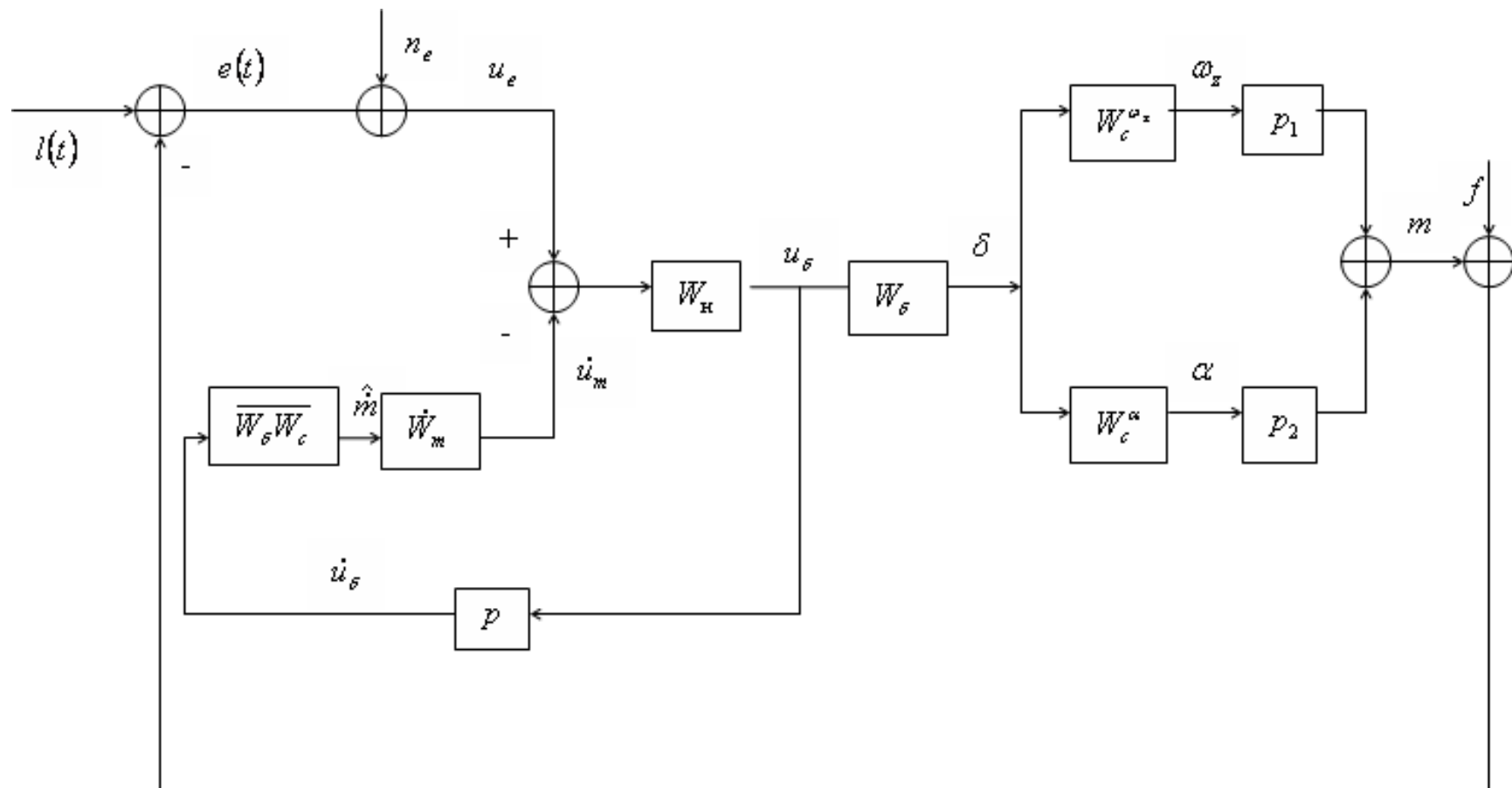


Рис. 3. Модифицированная структурная схема

Как видим, при сравнении функционирования систем «оператор-объект» и «оператор-модель объекта», по существу, нельзя установить степень влияния на полученную разницу от несовпадения модели от реального объекта и параметров оператора (в соответствии с организмическим принципом параметры оператора определяются объектом).

Более подробно описание функционирования эргатической системы возможно по модифицированной структурной схеме Гесса (рис.3); $W_c^{\omega_z}, W_c^\alpha$ – передаточные функции объекта $(\frac{\omega_z}{\delta}, \frac{\alpha}{\delta})$; p_1, p_2 – коэффициенты усиления оператора (характеризуют W_{oc}); n_e определяет ремнанту, вводимую в ошибку; f – возмущение; δ – отклонение руля; u_δ – отклонение ручки управления.

Справедливо

$$W_1 = \frac{W_H}{1 + W_H W_m (\overline{W_\delta W_c}) p}.$$

Можно показать,

$$W_0(j\omega) = W_\delta (p_1 W_c^{\omega_z} + p_2 W_c^\alpha) \frac{W_H}{1 + p W_H W_m} \frac{\overline{W_\delta W_c}}{\int_{-\infty}^{\infty} R_{lx}(t) e^{-j\alpha t} dt} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} (R_{lx}(t) - R_l(t)) e^{-j\alpha t} dt}{\int_{-\infty}^{\infty} R_{lx}(t) e^{-j\alpha t} dt}.$$

Программное движение задается $m_x(t)$, ошибка – $(-x(t))$, входная координата – $x(t)$. Определение неизвестных параметров объекта и человека-оператора можно осуществить по $W_0(j\omega)$.

Приведенные алгоритмы определения параметров эргатической системы прошли практическую апробацию с положительным результатом при итерационном синтезе тренажеров транспортных систем различного назначения [6-9].

Список литературы

1. Авиационные тренажеры модульной архитектуры: монография; под редакцией Лапшина Э.В., д.т.н., проф. Данилова А.М. – Пенза: ИИЦ ПГУ. – 2005. – 146 с.
2. Будылина Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М. Моделирование с позиций управления в технических системах // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 2 (16). – С. 138-142.

3. Будылина Е.А., Гарькина И.А., Данилов А.М. Приближенные методы декомпозиции при настройке имитаторов динамических систем // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 3. – С. 150-156.
4. Гарькина И.А., Данилов А.М., Домке Э.Р. Математическое моделирование управляющих воздействий оператора в эргатической системе // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2011. – № 2. – С. 18-23.
5. Гарькина И.А., Данилов А.М., Петренко В.О. Решение приближенных уравнений: декомпозиция пространственного движения управляемого объекта // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5; URL: www.science-education.ru/119-14766.
6. Гарькина И.А., Данилов А.М., Пылайкин С.А. Транспортные эргатические системы: информационные модели и управление // Мир транспорта и технологических машин. – № 1(40). – 2013. – С.115-122.
7. Гарькина И.А., Данилов А.М., Пылайкин С.А. Тренажеры и имитаторы транспортных систем: выбор параметров вычислений, оценка качества / Мир транспорта и технологических машин. – 2013. – № 3 (42). – С. 115-120.
8. Данилов А.М., Гарькина И.А., Гарькин И.Н. Спектральные методы при анализе динамических систем // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – № 3. – С. 109-113.
9. Данилов А.М., Домке Э.Р., Гарькина И.А. Формализация оценки оператором характеристик объекта управления // Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии. – 2012. – № 2 (70). – С.5-11.

Рецензенты:

Родионов Ю.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта», директор автомобильно-дорожного института ПГУАС, г. Пенза;

Кошев А.Н., д.х.н., профессор, профессор кафедры «Информационно-вычислительные системы» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, г. Пенза.